



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

## **FACULTAD DE MECÁNICA**

### **ESCUELA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO**

**“ANÁLISIS Y DETERMINACIÓN DE PROBLEMAS MEDIANTE  
ESPECTROS VIBRACIONALES EN LOS EQUIPOS CRÍTICOS DEL ÁREA  
DE CLARIFICACIÓN DE LA EXTRACTORA PLACIEN S.A. VICH-  
ESMERALDAS”**

**PAÚL ALEXANDER RODRÍGUEZ ZAMBRANO**

## **TESIS DE GRADO**

**PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:**

## **INGENIERO DE MANTENIMIENTO**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**2010**

**esPOCH**

**Facultad de Mecánica**

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS**

---

**CONSEJO DIRECTIVO**

01 – Marzo – 2011

Fecha

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

**PAÚL ALEXANDER RODRÍGUEZ ZAMBRANO**

---

Nombre del Estudiante

Titulada:

**“ANÁLISIS Y DETERMINACIÓN DE PROBLEMAS MEDIANTE  
ESPECTROS VIBRACIONALES EN LOS EQUIPOS CRÍTICOS DEL ÁREA  
DE CLARIFICACIÓN DE LA EXTRACTORA PLACIEN S.A. VICH-  
ESMERALDAS”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

**INGENIERO DE MANTENIMIENTO**

---

f] Decano de la Facultad de Mecánica

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

f] Director de Tesis

---

f] Asesor de Tesis

**esPOCH**

**Facultad de Mecánica**

---

## **CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS**

---

Nombre del estudiante: PAÚL ALEXANDER RODRÍGUEZ ZAMBRANO

TÍTULO DE LA TESIS: **“ANÁLISIS Y DETERMINACIÓN DE PROBLEMAS MEDIANTE ESPECTROS VIBRACIONALES EN LOS EQUIPOS CRÍTICOS DEL ÁREA DE CLARIFICACIÓN DE LA EXTRACTORA PLACIEN S.A. VICH-ESMERALDAS”**

Fecha de Examinación: 01 – Marzo – 2011

**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

<b>COMITÉ DE EXAMINACIÓN</b>	<b>APRUEBA</b>	<b>NO APRUEBA*</b>	<b>FIRMA</b>
Ing. Carlos Santillán M.			
Ing. Manuel Morocho A.			
Ing. Jorge Freire M.			

\*Más que un voto de no aprobación es condición suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:**

---

---

---

El Presidente del Tribunal quién certifica al Consejo Directivo que las condiciones de defensa se han cumplido.

---

f] Presidente del Tribunal

## **DERECHOS DE AUTORÍA**

La presente tesis de grado que presento, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos – científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad del autor. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

---

Paúl Alexander Rodríguez Zambrano

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo va dedicado a toda mi familia, de manera especial a mis queridos padres Luis y Mariana los que me dieron la vida, y en los que siempre encontré apoyo incondicional y confianza, gracias a estos maravillosos seres que me enseñaron valores como respeto, responsabilidad, honestidad y sobre todo humildad.

De igual manera dedicarle este trabajo al amor de mi vida Katy por brindarme su apoyo incondicional, porque ha estado conmigo en los momentos buenos pero sobretodo en los más difíciles y es una de las razones más grandes que tengo para alcanzar todas las metas que me he trazado en mi vida.

De manera especial quiero dedicar este trabajo a mi querida prima Daniela que ya no se encuentra con nosotros, pero que ha dejado una huella imborrable en toda la familia, ya que ella fue claro ejemplo de alegría y sacrificio; siempre te extrañaremos, que Dios te tenga en su gloria.

**Paúl Rodríguez**

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero darle primero gracias a Dios y a la vida por permitirme alcanzar las metas que me he propuesto hasta el momento en mi diario vivir y convertir en lo que se puede ver como imposible de lograr, en algo muy posible de alcanzar.

La vida del hombre se fundamenta en principios morales como es la gratitud, por ello quiero dejar constancia de mi agradecimiento a la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento de la ESPOCH.

A mis profesores que durante el ciclo de estudio día a día van forjando profesionales. Expresar también un reconocimiento especial a mi Director de Tesis Ingeniero Manuel Morocho y Asesor Ingeniero Jorge Freire que estuvieron dispuestos a compartir sus conocimientos en beneficio de mi formación profesional.

**Paúl Rodríguez**

## TABLA DE CONTENIDOS

<b><u>CAPÍTULO</u></b>	<b><u>PÁGINA</u></b>
<b>1. GENERALIDADES.....</b>	<b>1</b>
1.1 Introducción.....	1
1.2 Justificación.....	2
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1 Objetivo general.....	3
1.3.2 Objetivos específicos.....	3
<b>2. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>4</b>
2.1 Criticidad de equipos.....	4
2.1.1 Mantenimiento productivo total.....	4
2.2 Análisis vibracional.....	9
2.2.1 Vibración simple.....	10
2.2.2 Vibración compuesta.....	12
2.2.3 Frecuencia natural y resonancias.....	12
2.3 Rangos vibracionales recomendados.....	13
2.3.1 Normas para la medición y evaluación de los niveles de vibración.....	14
2.3.1.1 Norma ISO 2372.....	15
2.3.1.2 Normas comerciales DLI.....	16
2.3.1.3 Normas ISO 10816.....	17
2.4 Problemas vibracionales.....	18
2.4.1 Desbalanceo.....	18

2.4.1.1	Desbalanceo estático.....	18
2.4.1.2	Desbalanceo dinámico.....	19
2.4.1.3	Rotor colgante.....	20
2.4.2	Desalineación.....	20
2.4.2.1	Desalineación angular.....	20
2.4.2.2	Desalineación paralela.....	21
2.4.2.3	Desalineación entre chumaceras.....	22
2.4.3	Soltura estructural.....	22
2.4.4	Rotor o eje pandeado.....	23
2.4.5	Fallas en bandas y poleas.....	24
2.4.5.1	Distensión.....	24
2.4.5.2	Desalineación en poleas.....	25
2.4.5.3	Excentricidad de poleas.....	25
2.4.5.4	Resonancia de bandas.....	26
2.4.6	Flujo de líquidos.....	27
2.4.6.1	Frecuencia de aspas.....	27
2.4.6.2	Cavitación.....	28
2.4.7	Fallas en rodamientos.....	28
2.4.7.1	Falla en la pista interna.....	28
2.4.7.2	Falla en la pista externa.....	29
2.4.7.3	Falla en los elementos rodantes.....	30
2.4.7.4	Deterioro de la jaula.....	31



<b>3. EVALUACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LOS EQUIPOS.....</b>	<b>32</b>
3.1 Estado actual de los equipos.....	32
3.2 Mantenimiento empleado en los equipos.....	43
3.2.1 Planificación actual de materiales, repuestos y herramientas para llevar el mantenimiento .....	43
3.3 Documentación existente.....	44
<b>4. EQUIPO DE DIAGNÓSTICO VIBRACIONAL.....</b>	<b>45</b>
4.1 Sensor de medición.....	45
4.2 Colector de datos.....	45
4.3 Software de análisis vibracional.....	46
<b>5. ANÁLISIS VIBRACIONAL DE LOS EQUIPOS.....</b>	<b>47</b>
5.1 Categorización de la maquinaria o equipo.....	47
5.1.1 Aspectos selectivos.....	47
5.1.2 Parámetros directivos.....	51
5.1.3 Política de mantenimiento acorde con la categoría de las máquinas.....	59
5.2 Diseño de fichas técnicas de medición.....	60
5.3 Determinación de los puntos de medición.....	66
5.4 Configuración de la ruta de medición.....	69
5.5 Recopilación de datos.....	74
5.6 Cargado de datos al software vibración.....	76
5.7 Análisis de los resultados obtenidos en el diagnóstico vibracional	77

5.7.1 Espectros del tamiz de prensa.....	77
5.7.1.1 Espectros del punto 1.....	77
5.7.1.2 Espectros del punto 2.....	79
5.7.2 Espectros del preclarificador 1.....	81
5.7.2.1 Espectros del punto 1.....	81
5.7.2.2 Espectros del punto 2.....	81
5.7.2.3 Espectros del punto 3.....	82
5.7.2.4 Espectros del punto 4.....	83
5.7.3 Espectros del preclarificador 2.....	85
5.7.3.1 Espectros del punto 1.....	85
5.7.3.2 Espectros del punto 2.....	85
5.7.3.3 Espectros del punto 3.....	86
5.7.3.4 Espectros del punto 4.....	88
5.7.4 Espectros de la centrifuga.....	90
5.7.4.1 Espectros del punto 1.....	90
5.7.4.2 Espectros del punto 2.....	91
5.7.4.3 Espectros del punto 3.....	92
5.7.4.4 Espectros del punto 4.....	92
5.7.5 Espectros del pozo de lodos.....	93
5.7.5.1 Espectros del punto 1.....	93
5.7.5.2 Espectros del punto 2.....	93
5.7.5.3 Espectros del punto 3.....	94
5.7.5.4 Espectros del punto 4.....	94
5.7.6 Espectros del tanque de aceite terminado.....	95

5.7.6.1 Espectros del punto 1.....	95
5.7.6.2 Espectros del punto 2.....	95
5.7.6.3 Espectros del punto 3.....	96
5.7.6.4 Espectros del punto 4.....	96
5.8 Recomendación de correcciones.....	97
5.8.1 Recomendación del tamiz de prensa.....	97
5.8.2 Recomendación del preclarificador 1.....	97
5.8.3 Recomendación del preclarificador 2.....	98
5.8.4 Recomendación de la centrífuga.....	98
5.8.5 Recomendación del pozo de lodos.....	99
5.8.6 Recomendación del tanque de aceite terminado.....	99
<b>6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>100</b>
6.1 Conclusiones.....	100
6.2 Recomendaciones.....	101

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

### **BIBLIOGRAFÍA**

### **LINKOGRAFÍA**

### **ANEXOS**

## LISTA DE TABLAS

<b><u>TABLA</u></b>	<b><u>PÁGINA</u></b>
2.1 NIVELES ACEPTABLES DE VIBRACIÓN.....	14
2.2 NORMA ISO 2372.....	15
2.3 NORMA COMERCIAL DLI.....	16
3.1 ESTADO TÉCNICO DEL TAMIZ DE PRENSA.....	32
3.2 ESTADO TÉCNICO DEL PRECLARIFICADOR.....	33
3.3 ESTADO TÉCNICO DEL PRIMARIO.....	34
3.4 ESTADO TÉCNICO DEL TAMIZ DE CENTRIFUGA.....	35
3.5 ESTADO TÉCNICO DEL TANQUE DE AGUAS LODOSAS.....	36
3.6 ESTADO TÉCNICO DE CENTRIFUGA.....	37
3.7 ESTADO TÉCNICO DEL TANQUE DE AGUAS GRASOSAS.....	38
3.8 ESTADO TÉCNICO DEL TANQUE DE ACEITE RECUPERADO..	39
3.9 ESTADO TÉCNICO DEL DESHIDRATADOR.....	40
3.10 ESTADO TÉCNICO DEL TANQUE DE ACEITE TERMINADO....	41
3.11 ESTADO TÉCNICO DEL POZO DE LODOS.....	42
5.1 INTERCAMBIABILIDAD.....	47
5.2 IMPORTANCIA PRODUCTIVA.....	48
5.3 RÉGIMEN DE OPERACIÓN.....	49
5.4 NIVEL DE UTILIZACIÓN.....	50
5.5 PARÁMETRO PRINCIPAL DE LA MÁQUINA.....	51
5.6 MANTENIBILIDAD.....	52
5.7 CONSERVABILIDAD.....	53

5.8	AUTOMATIZACIÓN.....	54
5.9	VALOR DE LA MÁQUINA.....	55
5.10	FACILIDAD DE APROVISIONAMIENTO.....	56
5.11	SEGURIDAD OPERACIONAL.....	57
5.12	RESULTADO DE LA CATEGORIZACIÓN DE LAS MÁQUINAS..	58
5.13	TAMIZ DE PRENSA.....	60
5.14	PRECLARIFICADOR 1.....	61
5.15	PRECLARIFICADOR 2.....	62
5.16	CENTRIFUGA.....	63
5.17	POZO DE LODOS.....	64
5.18	TANQUE DE ACEITE TERMINADO.....	65

## LISTA DE FIGURAS

<b><u>FIGURA</u></b>	<b><u>PÁGINA</u></b>
2.1 Sistema vibratorio masa – resorte.....	11
2.2 Movimiento armónico simple.....	11
2.3 Vibración compuesta.....	12
2.4 Frecuencia natural y resonancias.....	13
2.5 Norma DLI.....	17
2.6 Norma ISO 10816.....	18
2.7 Desbalanceo estático.....	19
2.8 Desbalanceo dinámico.....	19
2.9 Rotor colgante.....	20
2.10 Desalineación angular.....	21
2.11 Desalineación paralela.....	21
2.12 Desalineación entre chumaceras.....	22
2.13 Soltura estructural.....	23
2.14 Rotor o eje pandeado.....	24
2.15 Distensión.....	24
2.16 Desalineación en poleas.....	25
2.17 Excentricidad de poleas.....	26
2.18 Resonancia de bandas.....	26
2.19 Frecuencia de aspas.....	27
2.20 Cavitación.....	28
2.21 Falla en la pista interna.....	29

2.22	Falla en la pista externa .....	30
2.23	Falla en los elementos rodantes.....	30
2.24	Deterioro de la jaula.....	31
4.1	Equipo de medición detector II.....	46
5.1	Tamiz de prensa.....	66
5.2	Preclarificador 1.....	66
5.3	Preclarificador 2.....	67
5.4	Centrifuga.....	67
5.5	Pozo de lodos.....	68
5.6	Tanque de aceite terminado.....	68
5.7	Extractora placien.....	69
5.8	Área de clarificación.....	70
5.9	Tamiz de prensa.....	70
5.10	Preclarificador 1.....	71
5.11	Preclarificador 2.....	71
5.12	Centrifuga.....	72
5.13	Pozo de lodos.....	72
5.14	Tanque de aceite terminado.....	73
5.15	Punto PCB12R.....	74
5.16	Punto PCB22T.....	75
5.17	Punto CTBW1A.....	75
5.18	Cargado de mediciones de máquinas del área de clarificación.....	76
5.19	Espectro TPMO1R.....	77
5.20	Espectro TPMO1T.....	77

5.21	Espectro TPMO1A.....	78
5.22	Espectro TPMO2R.....	79
5.23	Espectro TPMO2T.....	79
5.24	Espectro TPMO2A.....	80
5.25	Espectro PCM13R.....	82
5.26	Espectro PCM13A.....	82
5.27	Espectro PCM14R.....	83
5.28	Espectro PCM14A.....	84
5.29	Espectro PCM23R.....	86
5.30	Espectro PCM23T.....	86
5.31	Espectro PCM23A.....	87
5.32	Espectro PCM24R.....	88
5.33	Espectro PCM24T.....	88
5.34	Espectro PCM24A.....	89
5.35	Espectro CTBW1A.....	90
5.36	Espectro CTBW2A.....	91



## **LISTA DE ABREVIACIONES**

<b>TPM</b>	Mantenimiento productivo total.
<b>FTT</b>	Transformada rápida de fourier.
<b>TP</b>	Tamiz de prensa
<b>PC1</b>	Preclarificador 1
<b>PC2</b>	Preclarificador 2
<b>CT</b>	Centrifuga
<b>PL</b>	Pozo de lodos
<b>TAT</b>	Tanque de aceite terminado
<b>BO</b>	Bomba
<b>MO</b>	Motor
<b>BW</b>	Bowl
<b>HP</b>	Caballo de fuerza (horse power).
<b>°C</b>	Grados celsius.
<b>Hz</b>	Hertz.
<b>CPM</b>	Ciclos por minuto.
<b>FFT</b>	Transformada rápida de fourier.
<b>TDF</b>	Transformada discreta de fourier.
<b>RPM</b>	Revoluciones por minuto.
<b>FN</b>	Frecuencia natural.
<b>BPF</b>	Frecuencia de paso de aspas.

<b>BPFI</b>	Frecuencia de paso de bola, anillo interior.
<b>BPFO</b>	Frecuencia de paso de bola, anillo exterior.
<b>BFS</b>	Frecuencia de rotación de bola.
<b>FTF</b>	Frecuencia fundamental del tren o jaula.
<b>VdB</b>	Decibeles de velocidad.
<b>ISO 2372</b>	Norma de análisis vibracional que se aplica a máquinas que operan en rangos de 600 a 12000 rpm.
<b>DLI</b>	Norma de análisis vibracional que se aplica en equipos rotativos y se basa en la frecuencia de trabajo.
<b>ISO 10816</b>	Norma de análisis vibracional que se aplica en equipos rotativos y se basa en la potencia de trabajo.

## **LISTA DE ANEXOS**

**ANEXO 1:** Recopilación de datos

**ANEXO 2:** Reportes de alarma

## **SUMARIO**

El presente trabajo investigativo trata del “Análisis y determinación de problemas mediante espectros vibracionales en los equipos críticos del área de Clarificación de la extractora Placien S.A. Vich-Esmeraldas”, esto con la finalidad de conocer el estado técnico real en que se encuentran las máquinas, la gestión actual de mantenimiento, por lo que se realizó el análisis de vibraciones en máquinas industriales, con los diferentes espectros tipo utilizados, las normas para la medición y la evaluación de los niveles aceptables de vibración.

Para realizar la evaluación de la gestión actual del mantenimiento se analiza las fichas técnicas que se utilizan, el plan de mantenimiento y los documentos de trabajo utilizados, además para establecer las máquinas críticas del área se categorizó las máquinas utilizando los aspectos selectivos y parámetros directivos.

Se estructura los procedimientos y rutas de medición en los equipos críticos en el Área de Clarificación, para lo cual se utiliza un equipo de diagnóstico vibracional, se determina los diferentes puntos de medición, además se detallan los diferentes resultados de las medidas obtenidas en las mediciones.

Con el análisis realizado se detallan cuáles fueron los factores que ocasionaron las diferentes fallas en los equipos y que acciones se deberían tomar para su corrección, ya que con la utilización de este trabajo como guía práctica tanto el personal administrativo y técnico podrán evitar paralizaciones prolongadas y pérdidas de producción.

## **SUMMARY**

This research work is the “analysis and identification of problems through vibrational spectra critical equipment area Clarification of the extractor Placien SA Vich-Esmeraldas”, this is, in order to know the actual technical working of the machines and Current management of maintenance, which was carried out vibration analysis in industrial machine, with different spectral type used, the standards for measuring and assessing acceptable levels of vibration.

To perform the evaluation of the present maintenance management analyzes the data sheets are used, the maintenance plan and working documents used to set the hosts also critical area machines was categorized using selective aspects and management parameters.

It is structured procedures and measurement routers critical equipment in the area of clarification, for which uses a vibrational diagnostic equipment, determines the different measuring points, also details the different results of the measurements obtained in measurements.

With detailed analysis what were the factors causing the different equipment failure and what actions should be taken to correct, since with the use of this work as a practical guide both the administrative and technical staff may avoid protracted stoppages and production losses.

## **CAPÍTULO I**

### **1. GENERALIDADES**

#### **1.1 Antecedentes**

La Empresa Placien S.A. ubicada a las afueras del cantón Viche, tiene como principal finalidad el extraer el aceite rojo del fruto de palma africana, mediante los diversos procesos que cada área posee, dentro de estas áreas se encuentra la de Clarificación que tiene como función el separar por densidades el aceite de las aguas lodosas y lodos elevando las temperaturas de estos con vapor, además lo realiza por medio de equipos centrífugos.

Sin dudas, el desarrollo de nuevas tecnologías ha marcado sensiblemente la actualidad industrial mundial. En los últimos años, la industria mecánica se ha visto bajo la influencia determinante de técnicas modernas, exigiendo mayor preparación en el personal, no sólo desde el punto de vista de la operación de la maquinaria, sino desde el punto de vista del mantenimiento industrial.

El análisis vibracional tiene como objetivo obtener resultados en para de esta manera tomar las medidas correctivas necesarias, para lograr la operación continua y segura de los equipos críticos de la empresa ya que los mismos son los más importantes en el proceso productivo.

Los espectros vibracionales nos permiten la evaluación de la condición mecánica de las máquinas sin necesidad de desmontajes previos y sin afectar su proceso normal de trabajo.

## **1.2 Justificación**

Dado que las tecnologías modernas de mantenimiento nos permiten determinar los problemas que tienen los equipos y maquinarias de una manera exacta, resulta muy importante aplicar el análisis vibracional en los equipos críticos de la Empresa “PLACIEN S.A.” para que con los resultados obtenidos se tomen las acciones correspondientes de tal forma que la empresa alcance los mayores beneficios económicos.

Para evitar paradas prematuras tanto en los equipos como en la producción la Empresa “PLACIEN S.A.”, se ve en la necesidad de efectuar un análisis vibracional en los equipos del área de Clarificación para que de esta forma se alcance las mínimas pérdidas de producción por tiempo improductivo.

Con el presente trabajo se lograra la utilización de nuevos métodos de diagnóstico, de manera que sea una herramienta de trabajo eficaz en la determinación de los problemas que tienen los equipos críticos de la Empresa “PLACIEN S.A.”

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo General**

Realizar el análisis y determinación de problemas mediante espectros vibracionales en los equipos críticos del área de Clarificación de la Extractora Placien S.A. Vich-Esmeraldas.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Determinar los equipos críticos.
- Determinar los puntos de medición.
- Efectuar las mediciones correspondientes.
- Realizar el análisis de vibraciones.
- Determinar los problemas de los equipos críticos de la empresa.
- Determinar las correcciones correspondientes.



## **CAPÍTULO II**

### **2. MARCO TEORICO**

#### **2.1 Criticidad de Equipos [1]**

##### **2.1.1 Mantenimiento Productivo Total (TPM)**

Este tipo de mantenimiento comenzó a efectuarse en Japón a partir de 1980 y es aquel que elimina la separación entre producción y mantenimiento.

El mantenimiento productivo total señala que política de mantenimiento se debe realizar en los equipo según la categoría que tiene cada uno de ellos.

La categorización de la maquinaria o equipos se determina tomando en consideración 4 aspectos selectivos y 7 parámetros directivos.

Las categorías pueden ser:

- Categoría A.
- Categoría B.
- Categoría C.

## **ASPECTOS SELECTIVOS**

### **1. INTERCAMBIABILIDAD:**

<b>CATEGORÍA</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>
A	IRREEMPLAZABLE
B	REEMPLAZABLE
C	INTERCAMBIABLE

### **2. IMPORTANCIA PRODUCTIVA:**

<b>CATEGORÍA</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>
A	IMPRESINDIBLE
B	LIMITANTE
C	CONVENCIONAL

### **3. RÉGIMEN DE OPERACIÓN:**

<b>CATEGORÍA</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>
A	PROCESO CONTINUO
B	PROCESO SERIADO
C	PROCESO ALTERNADO

#### **4. NIVEL DE UTILIZACIÓN:**

<b>CATEGORÍA</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>
------------------	------------------------

A	MUY UTILIZADA
---	---------------

B	MEDIA UTILIZADA
---	-----------------

C	POCA UTILIZADA
---	----------------

#### **PARÁMETROS DIRECTIVOS**

#### **1. PARÁMETRO PRINCIPAL DE LA MÁQUINA:**

<b>CATEGORÍA</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>
------------------	------------------------

A	ALTA
---	------

B	MEDIA
---	-------

C	BAJA
---	------

#### **2. MANTENIBILIDAD:**

<b>CATEGORÍA</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>
------------------	------------------------

A	MÁQUINA DE ALTA COMPLEJIDAD
---	-----------------------------

B	MÁQUINA DE MEDIA COMPLEJIDAD
---	------------------------------

C	MÁQUINA DE SIMPLE COMPLEJIDAD
---	-------------------------------

**3. CONSERVABILIDAD:**

<b>CATEGORÍA</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>
A	MÁQUINA CON CONDICIONES ESPECIALES
B	MÁQUINA PROTEGIDA
C	MÁQUINA NORMAL EN CONDICIONES SEVERAS

**4. AUTOMATIZACIÓN:**

<b>CATEGORÍA</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>
A	AUTOMÁTICA
B	SEMIAUTOMÁTICA
C	MÁQUINA TOTALMENTE MECÁNICA

**5. VALOR DE LA MÁQUINA:**

<b>CATEGORÍA</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>
A	ALTO VALOR
B	MEDIA VALOR
C	BAJO VALOR

**6. FACILIDAD DE APROVISIONAMIENTO:**

<b>CATEGORÍA</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>
A	MALA

B                      REGULAR

C                      BUENA

## **7. SEGURIDAD OPERACIONAL:**

<b>CATEGORÍA</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>
A	MÁQUINA PELIGROSA
B	MÁQUINA CON PELIGROSIDAD MEDIA
C	MÁQUINA POCO PELIGROSA

## **POLÍTICA DE MANTENIMIENTO ACORDE CON LA CATEGORÍA DE LA MÁQUINA.**

### **I. PARA LA CATEGORÍA A:**

Lograr la máxima disponibilidad de la maquinaria o equipos, para lo cual se recomienda realizar lo siguiente:

- Mantenimiento predictivo: gran utilización de técnicas de ultrasonido vibraciones, análisis de aceite, termografía, etc, sin escatimar costos.
- Mantenimiento preventivo: emplear un sistema de mantenimiento preventivo planificado.
- Mantenimiento correctivo: en el caso de reparaciones imprevistas.

## **II. PARA LA CATEGORÍA B:**

Reducir los costos de mantenimiento sin que ello perjudique la disponibilidad de la maquinaria o equipos, para lo cual se recomienda realizar lo siguiente:

- Mantenimiento predictivo: usarlo solamente en caso necesario
- Mantenimiento preventivo: emplear un sistema de mantenimiento preventivo planificado.
- Mantenimiento correctivo: en el caso de reparaciones imprevistas.

## **III. PARA LA CATEGORÍA C:**

Determinar los costos de mantenimiento a lo menor posible, para lo cual se recomienda realizar lo siguiente:

- Mantenimiento predictivo: casi cero.
- Mantenimiento preventivo: emplear un sistema de mantenimiento preventivo planificado.
- Mantenimiento correctivo: en el caso de reparaciones imprevistas.

### **2.2 Análisis Vibracional [2]**

En términos muy simples una vibración es un movimiento oscilatorio de pequeña amplitud. Todos los cuerpos presentan una señal de vibración en la cual plasman cada una de sus características. De acuerdo a esto, las máquinas presentan su propia señal de vibración y en ella se encuentra la información de cada uno de sus componentes.

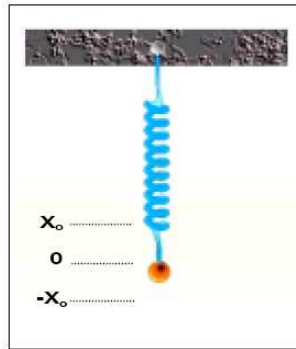
Por tanto, una señal de vibración capturada de una máquina significa la suma vectorial de la vibración de cada uno de sus componentes. Resulta de gran interés, puesto que la mayoría de máquinas están sometidas a algún tipo de vibración, y no resulta difícil, en general, establecer relación medible e interpretable razones y algún aspecto del estado del equipo.

El hecho más significativo y de interés para evaluar el estado de un equipo sometido a una o varias actividades que dan lugar a vibraciones, es que procesos mecánicos diferentes de una máquina relacionados con aspectos a controlar, por ejemplo desbalanceo, desalineamiento, o fallos en rodamientos, producen energía a diferentes frecuencias.

Si esas frecuencias diferentes son separadas una de otra con el análisis espectral, entonces se puede identificar el fallo y su desarrollo.

### **2.2.1 Vibración simple**

La base principal de las señales de vibración en el dominio del tiempo son las ondas sinusoidales. Estas son las más simples y son la representación de las oscilaciones puras. Una oscilación pura puede ser representada físicamente con el siguiente experimento: Imagínese una masa suspendida de un resorte como el de la figura.



**Figura 2.1:** Sistema vibratorio masa – resorte

Si esta masa es soltada desde una distancia  $x_0$ , en condiciones ideales, se efectuará un movimiento armónico simple que tendrá una amplitud  $x_0$ . Ahora a la masa vibrante le adicionamos un lápiz y una hoja de papel en su parte posterior, de manera que pueda marcar su posición. Si jalamos el papel con velocidad constante hacia el lado izquierdo se formará una gráfica parecida a la figura.



**Figura 2.2:** Movimiento armónico simple

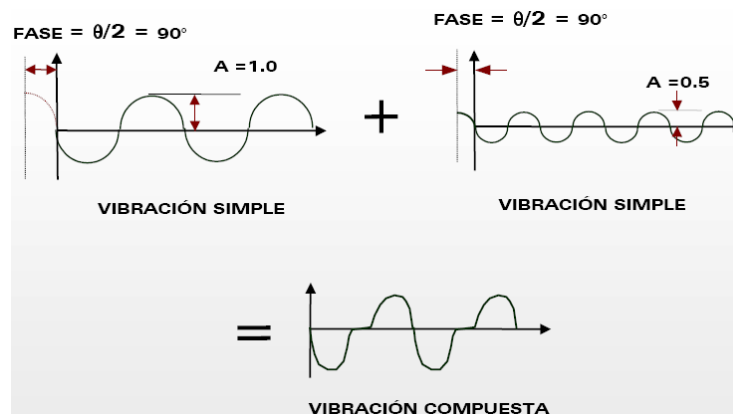
El tiempo que tarda la masa para ir y regresar al punto  $x_0$  siempre es constante. Este tiempo recibe el nombre de **período de oscilación** (medido en segundos o milisegundos) y significa que el resorte completó un ciclo.



El recíproco del período es la **frecuencia** ( $F=1/P$ ) la cual generalmente es dada en Hz (Ciclos por segundo) o también Ciclos por minuto (CPM).

### 2.2.2 Vibración compuesta

Una señal compuesta es una sumatoria de varias señales sinusoidales que comprenden cada uno de los componentes que se encuentran en la máquina, más todos los golpeteos y vibraciones aleatorias.



**Figura 2.3:** Vibración compuesta

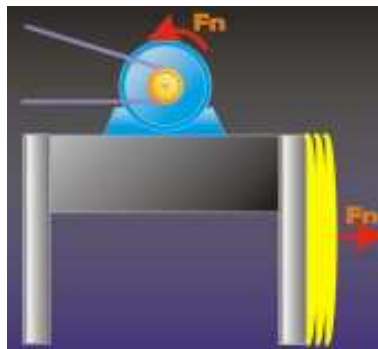
### 2.2.3 Frecuencia natural y resonancias

La **frecuencia natural** presenta un carácter muy diferente a las anteriormente nombradas, debido a que depende de las características estructurales de la máquina, tales como su masa, su rigidez y su amortiguación, incluyendo los soportes y tuberías adjuntas a ella. No depende de la operación de la máquina, a no ser que la rigidez sea función de la velocidad.

Si la frecuencia natural es excitada por un agente externo, la amplitud de vibración de la máquina se incrementará enormemente causando perjuicios que a corto o mediano plazo pueden llegar a ser catastróficos. Esto es lo que se conoce con el nombre de **resonancia**.

Cuando una resonancia es detectada, es necesario identificar el agente externo que la está produciendo e inmediatamente debe aislarse estructuralmente o cambiar su velocidad de operación.

La figura muestra un motor que gira a una velocidad similar a la frecuencia natural de su estructura de soporte. Lo que incrementa abruptamente los niveles de vibración de la máquina.



**Figura 2.4:** Frecuencia natural y resonancias

### **2.3 Rangos Vibracionales Recomendados [3]**

Los niveles de vibración nos ayudarán a determinar la intensidad de vibración, puesto que nos permitirá comparar los datos obtenidos con el monitoreo al momento

de medir e inmediatamente hacernos una idea de cómo se encontrarían los diferentes activos.

Los diferentes tipos de activos tienen de acuerdo a las normas, diferentes valores admisibles de vibración.

**Tabla 2.1:** NIVELES ACEPTABLES DE VIBRACIÓN

MÁQUINAS Y ELEMENTOS	VALORES ADMISIBLES
Turbinas de gas, de vapor o hidráulicas	2.5 mm/s
Motores eléctricos, bombas, ventiladores asentados en el piso (equipos comunes)	4.5 mm/s
Ventiladores asentados en resortes	7.1 mm/s
Motores de combustión interna	12.5 mm/s
Llanta de un auto	40 m/s

### 2.3.1 Normas para la medición y evaluación de los niveles de vibración [4]

El estado de una máquina se determina mejor por una serie de mediciones de vibración hecho en un largo tiempo. Normas absolutas se pueden usar como guía si no hay datos históricos. A través de los años, se hicieron varios intentos para establecer niveles de vibración absolutos, o normas de niveles para una operación aceptable en diferentes tipos de máquinas. Los primeros de esos intentos fueron

mediciones generales del desplazamiento de vibración. Las mediciones de velocidad fueron agregadas después. Todavía más tarde fue introducido el concepto de nivel de vibración como función de la frecuencia.

### **2.3.1.1 Norma ISO 2372**

La norma ISO 2372 proporciona guías para aceptación de la amplitud de vibración, para maquinaria rotativa operando desde 600 hasta 12000 RPM. Especifica niveles de velocidad general de vibración en lugar de niveles espectrales, y puede ser muy engañosa. ISO 2372 especifica los límites de la velocidad de vibración basándose en los caballos vapor de la máquina y cubre un rango de frecuencias desde 10 Hz hasta 1000 Hz., debido al rango limitado de alta frecuencia, se puede fácilmente dejar pasar problemas de rodamientos con elementos rodantes.

**Tabla 2.2: NORMA ISO 2372**

<b>Level, VdB</b>	<b>Menos que 20 HP</b>	<b>20 a 100 HP</b>	<b>Más que 100 HP</b>
125	No Permissible	No Permissible	No Permissible
121	No Permissible	No Permissible	Apenas Tolerable
117	No Permissible	Apenas Tolerable	Apenas Tolerable
113	Apenas Tolerable	Apenas Tolerable	Permissible
109	Apenas Tolerable	Permissible	Permissible

105	Permisible	Permisible	Bueno
101	Permisible	Bueno	Bueno
97	Bueno	Bueno	Bueno

### 2.3.1.2 Normas comerciales DLI

La tabla que enseñamos aquí se puede aplicar a un gran número de máquinas rotativas con una confianza razonable.

Es una destilación de datos de un rango importante de maquinaria industrial, y se considera que está más al día y más útil que las normas mencionadas.

**Tabla 2.3: NORMA COMERCIAL DLI**

<b>Nivel de Vibración</b>	<b>&lt; 30 Hz</b>	<b>30 Hz - 1000 Hz</b>	<b>&gt; 1000 Hz</b>
Extremo	10 mils p-p	125 VdBrms	11.2 G rms
Excesivo	4.2 mils p-p	117 VdBrms	4.46 G rms
Tolerable	1.5 mils p-p	108 VdBrms	1.58 G rms
Aceptable	0.6 mils p-p	100 VdBrms	0.630G rms

La misma información se encuentra en forma gráfica.

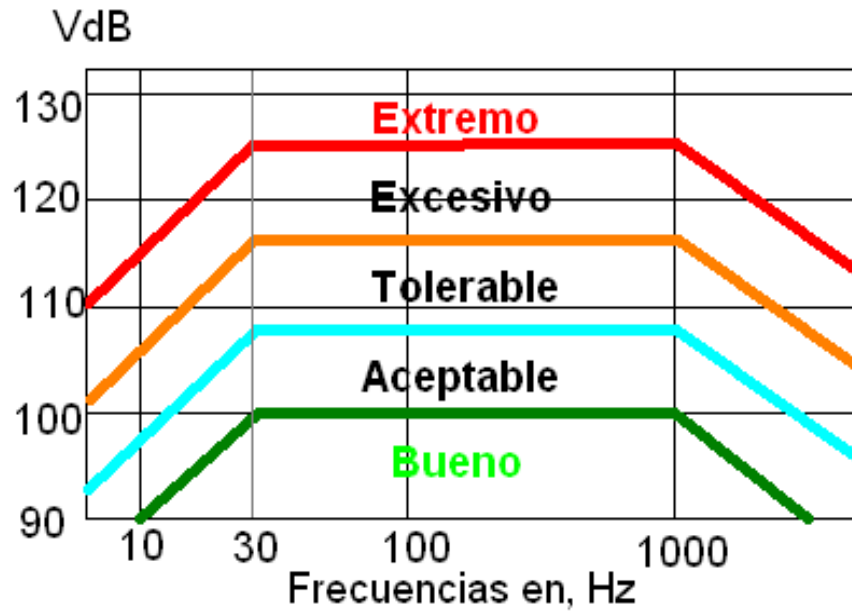
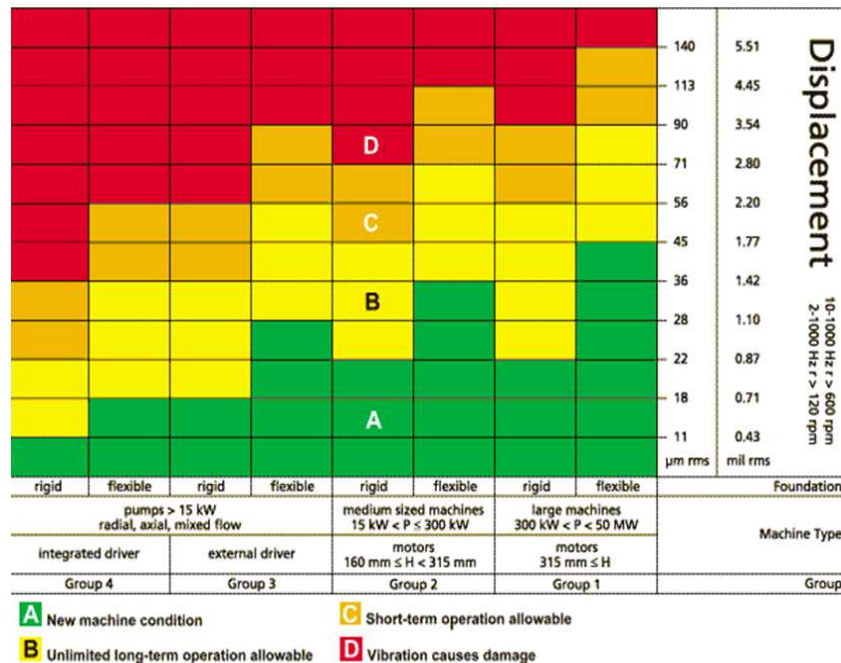


Figura 2.5: Norma DLI

### 2.3.1.3 Normas ISO 10816

Norma internacional que clasifica a las máquinas en grupos de acuerdo a la potencia del motor. Mientras más grande es la máquina, mayor es su capacidad de soportar vibración.

La norma ISO 10816 es aplicable para máquinas, con registros de vibración tomados en la carcasa.



**Figura 2.6:** Norma ISO 10816

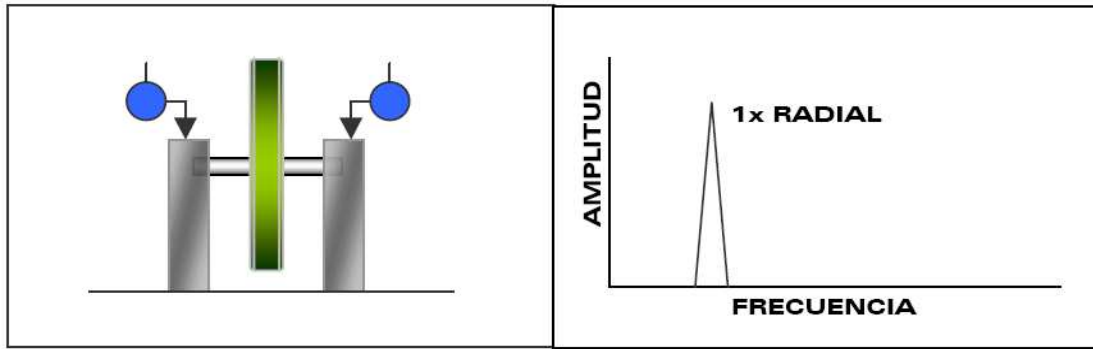
## 2.4 Problemas Vibracionales [5]

### 2.4.1 Desbalanceo

#### 2.4.1.1 Desbalanceo estático

Producido generalmente por desgaste radial superficial no uniforme en rotores en los cuales su largo es despreciable en comparación con su diámetro.

El espectro presenta vibración dominante con una frecuencia igual a 1 X RPM del rotor. Se recomienda para corregir la falla balancear el rotor en un sólo plano (en el centro de gravedad del rotor) con la masa adecuada y en la posición angular calculada con un equipo de balanceo.

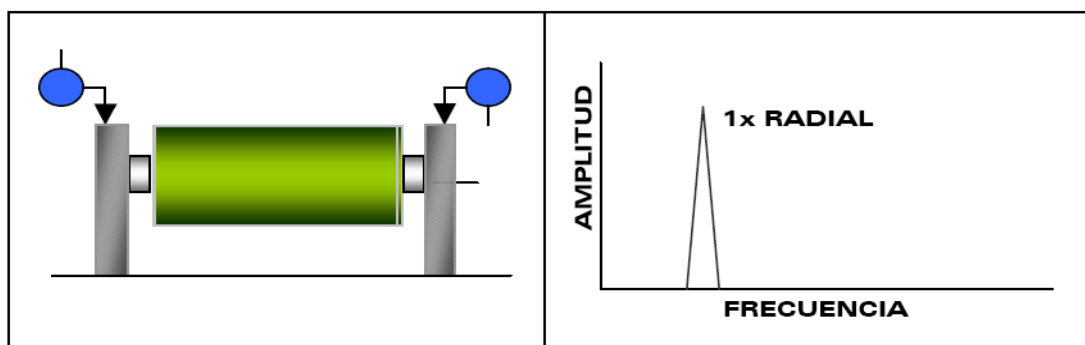


**Figura 2.7:** Desbalanceo estático

#### **2.4.1.2 Desbalanceo dinámico**

El desbalanceo dinámico ocurre en rotores medianos y largos. Es debido principalmente a desgastes radiales y axiales simultáneos en la superficie del rotor. El espectro presenta vibración dominante y vaivén simultáneo a frecuencia igual a 1 X RPM del rotor.

Se recomienda para corregir la falla balancear el rotor en dos planos con las masas adecuadas y en las posiciones angulares calculadas con un equipo de balanceo dinámico.



**Figura 2.8:** Desbalanceo dinámico

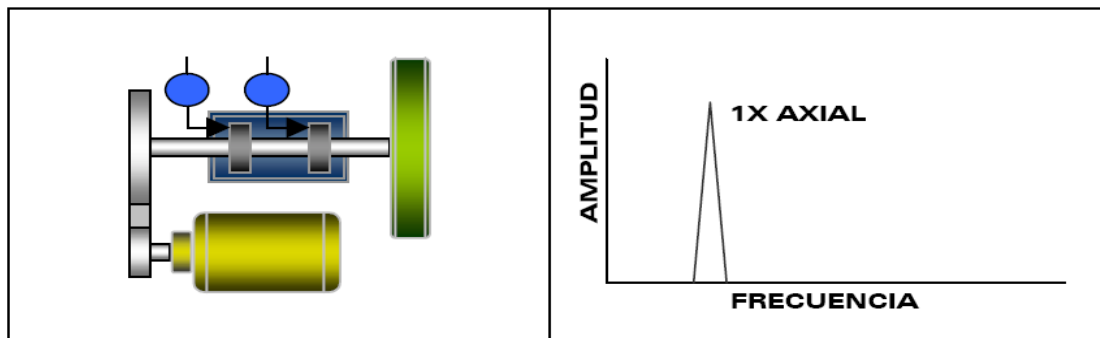


### 2.4.1.3 Rotor colgante

Ocurre en rotores que se encuentran en el extremo de un eje. Es producido por desgaste en la superficie del rotor y doblamiento del eje.

El espectro presenta vibración dominante a 1X RPM del rotor, muy notoria en dirección axial y radial.

Para corregir la falla, primero debe verificarse que el rotor no tenga excentricidad ni que el eje esté doblado. Luego debe realizarse el balanceo adecuado. El desbalance dinámico ocurre en rotores.



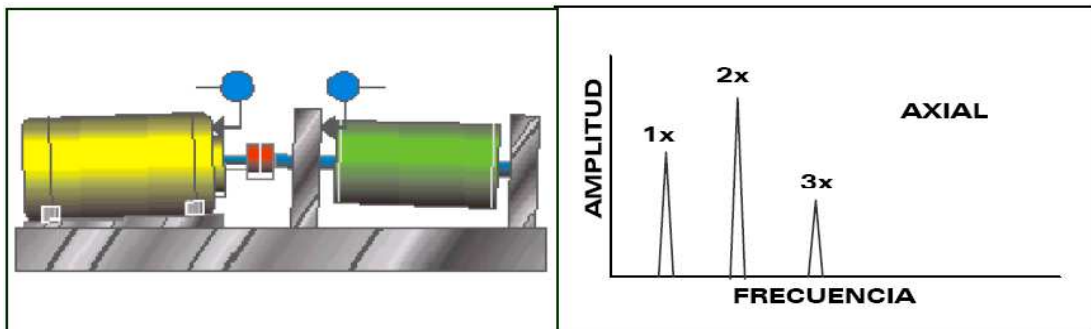
**Figura 2.9:** Rotor colgante

### 2.4.2 Desalineación

#### 2.4.2.1 Desalineación angular

Ocurre cuando el eje del motor y el eje conducido unidos en el acople, no son paralelos. Caracterizado por altas vibraciones axiales. 1X RPM y 2X RPM son las más comunes, con desfase de 180 grados a través del acople.

También se presenta 3X RPM. Estos síntomas también indican problemas en el acople.

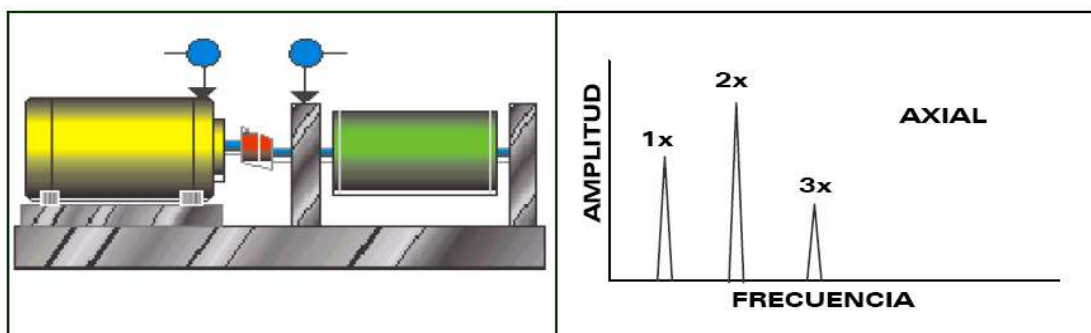


**Figura 2.10:** Desalineación angular

#### 2.4.2.2 Desalineación paralela

Los ejes del motor y del rotor conducido están paralelos, pero no son colineales.

Se pueden detectar altas vibraciones radiales a 2X RPM, predominante, y a 1X RPM, con desfase de 180 grados a través del acople. Cuando aumenta la severidad, genera picos en armónicos superiores (4X, 8X).

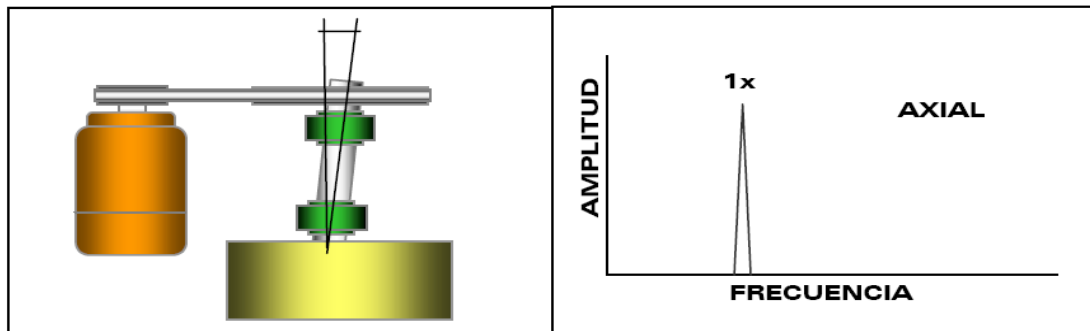


**Figura 2.11:** Desalineación paralela

### **2.4.2.3 Desalineación entre chumaceras**

En una máquina con transmisión de poleas, la mala posición de las chumaceras puede evitar que el eje se acomode correctamente, lo cual genera vibraciones anormales en sentido axial y radial. Excitación del pico representativo de la velocidad (1X RPM), especialmente en sentido axial.

Es necesario hacer una verificación de que las chumaceras queden completamente paralelas entre sí.



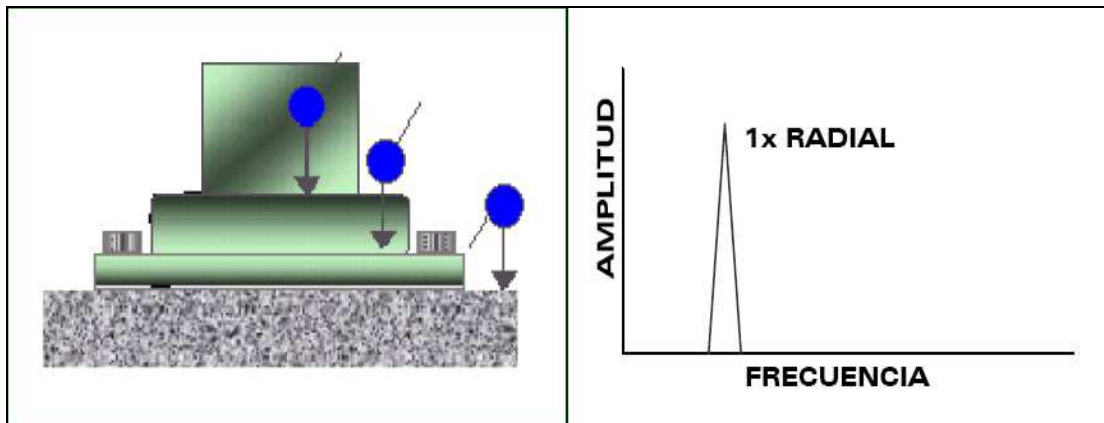
**Figura 2.12:** Desalineación entre chumaceras

### **2.4.3 Soltura estructural**

Ablandamiento o desplazamiento del pié de la máquina, por holgura en los pernos de la base o por deterioro de los componentes de la sujeción.

El espectro presenta vibración a 1X RPM en la base de la máquina con desfase a 180 grados entre los elementos sujetos en el anclaje. Altamente direccional en la dirección de la sujeción.

Se recomienda primero revisar el estado de fatiga del pié de máquina (rajaduras, corrosión). Luego debe verificarse el estado de los sujetadores y por último el estado de la cimentación.



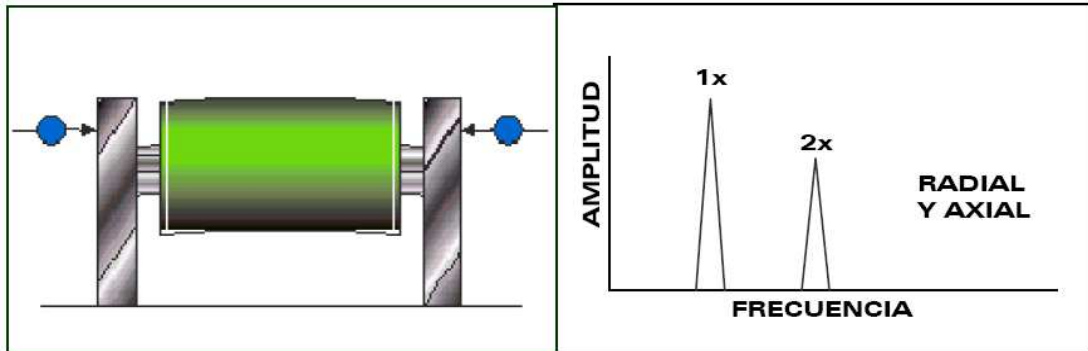
**Figura 2.13:** Soltura estructural

#### **2.4.4 Rotor o eje pandeado**

Más común en ejes largos. Se produce por esfuerzos excesivos en el eje. Genera vibración axial alta con diferencia de fase de 180 grados medida en los dos soportes del rotor.

La vibración dominante es de 1X RPM si el pandeo está cercano al centro del eje, y es de 2X RPM si el pandeo está cerca del rodamiento.

Para corregir la falla, el eje debe rectificarse o cambiarse.



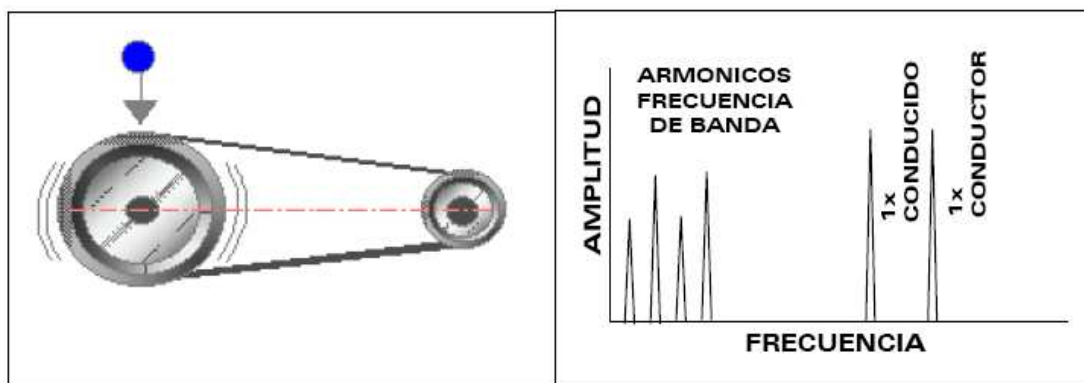
**Figura 2.14:** Rotor o eje pandeado

## 2.4.5 Fallas en bandas y poleas

### 2.4.5.1 Distensión

Ocurre por sobrepaso de la vida útil de la banda, o por desgaste excesivo de la misma. Las frecuencias de bandas siempre están por debajo de la frecuencia del motor o máquina conducida.

Normalmente se encuentran cuatro picos y generalmente predomina el de 2x frecuencia de banda. Tienen amplitudes inestables. Para corregir el problema, si la banda no presenta demasiado desgaste intente tensionarla, de lo contrario reemplácela.



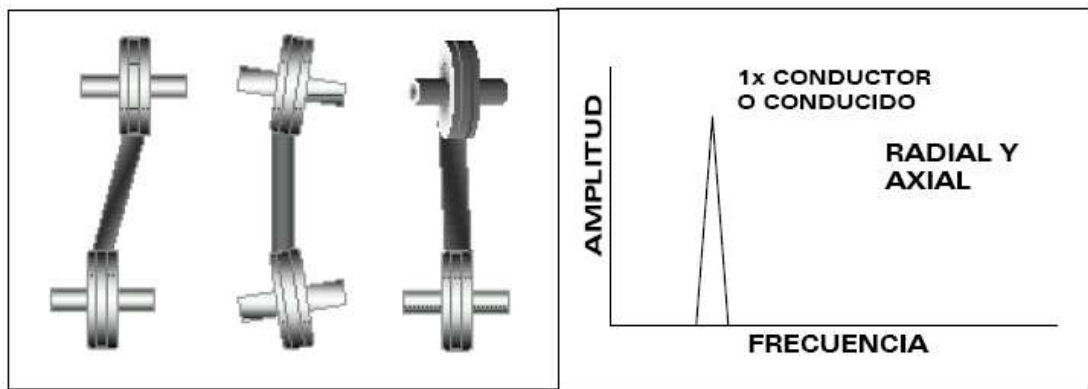
**Figura 2.15:** Distensión

#### 2.4.5.2 Desalineación en poleas

Puede ocurrir porque los ejes de las poleas no están alineados o porque las poleas no están paralelas. También pueden ocurrir ambos casos simultáneamente.

Produce alta vibración axial a 1x RPM de la conductora o la conducida, generalmente la conducida. La buena medida de las amplitudes de las vibraciones depende de donde sean tomados los datos.

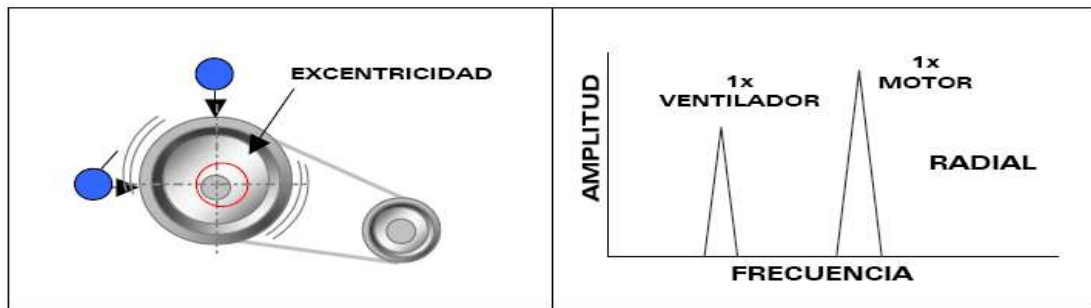
Para solucionar el problema deben alinearse las poleas tanto angular como paralelamente.



**Figura 2.16:** Desalineación en poleas

#### 2.4.5.3 Excentricidad de poleas

Ocurre cuando el centro de rotación no coincide con el centro geométrico en una polea. Produce alta vibración a 1x RPM de la polea excéntrica. Su amplitud está por encima de las amplitudes de las frecuencias de las bandas. Aunque es posible balancear poleas gracias a la adición de pesas.

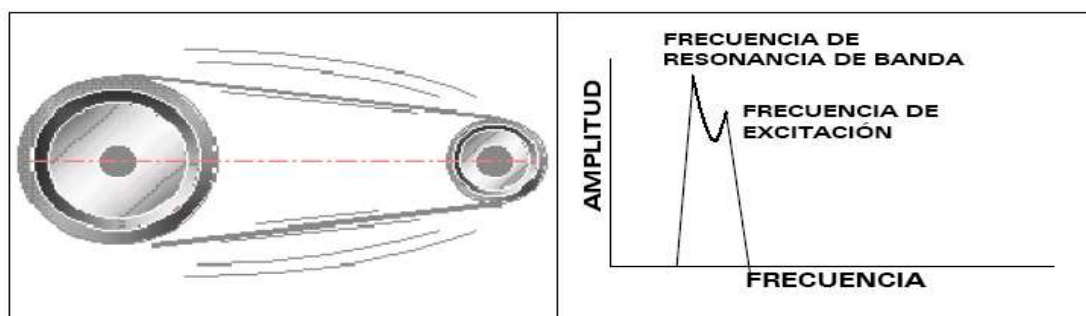


**Figura 2.17:** Excentricidad de poleas

#### 2.4.5.4 Resonancia de bandas

Sucede si la frecuencia natural de la banda coincide o se aproxima a las RPM del motor o de la máquina conducida.

El espectro muestra altas amplitudes de la frecuencia de resonancia y la frecuencia de excitación de banda, siendo la frecuencia de resonancia la predominante. La frecuencia natural puede ser alterada cambiando la tensión de la banda o su longitud.



**Figura 2.18:** Resonancia de bandas

## 2.4.6 Flujo de líquidos

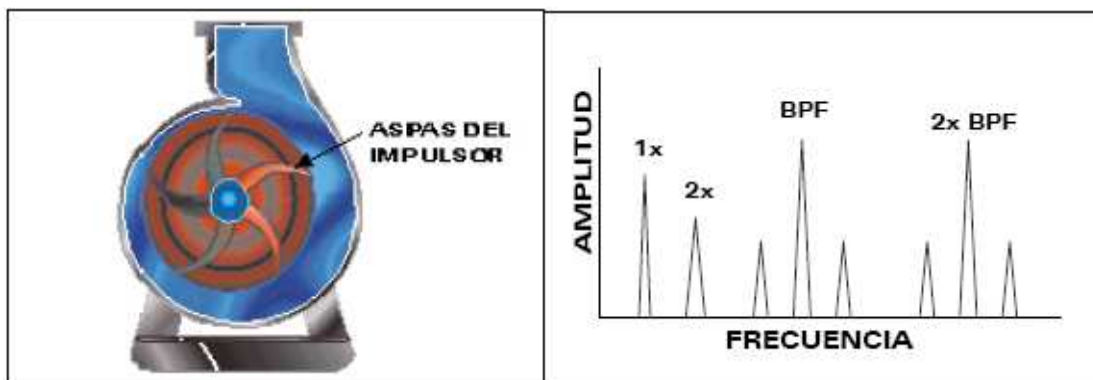
### 2.4.6.1 Frecuencia de aspas

Frecuencia a la cual, cada aspa pasa por un punto de la carcasa. Producida por obstrucciones, cambios abruptos de direcciones o desgastes de juntas.

La BPF (Frecuencia de Paso de Aspas) es excitada en sus primeros dos armónicos con bandeamientos laterales.

La BFP es igual al número de aspas por la frecuencia. La BPF algunas veces coincide con la frecuencia natural lo cual causa altas vibraciones.

En caso de aumentos en la BFP deben revisarse cambios abruptos de dirección del fluido y posibles obstrucciones parciales en la descarga de la bomba.



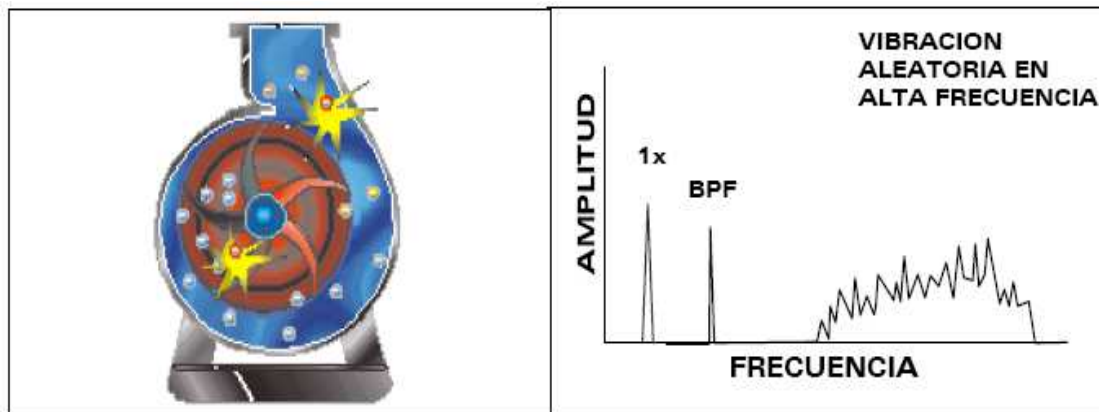
**Figura 2.19:** Frecuencia de aspas



#### **2.4.6.2 Cavitación**

Es la entrada de aire o vaporización de un fluido dentro de la bomba. Ocurre cuando la presión de fluido es menor que la presión de vapor a esta temperatura. La cavitación causará erosión a las partes internas de la bomba.

El espectro muestra una vibración caótica que se presenta a altas frecuencias (del orden de 2000 Hz). Para solucionar el problema debe controlarse con más rigor la presión de succión y tenerse cuidado con el proceso para cebar la bomba.



**Figura 2.20:** Cavitación

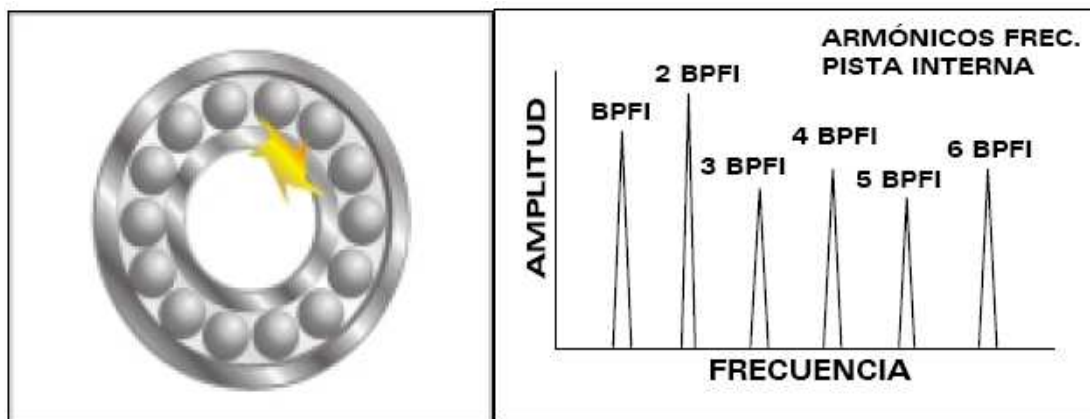
#### **2.4.7 Fallas en rodamientos**

##### **2.4.7.1 Falla en la pista interna**

Agrietamiento o desastillamiento del material en la pista interna, producido por errores de ensamble, esfuerzos anormales, corrosión, partículas externas o lubricación deficiente.

Se produce una serie de armónicos siendo los picos predominantes 1X y 2X RPM la frecuencia de falla de la pista interna, en dirección radial. Además el contacto metal - metal entre los elementos rodantes y las pistas producen pulsos en el dominio del tiempo del orden de 1-10 KHz.

El rodamiento debe ser reemplazado, debido a que la falla seguirá incrementándose. Antes revise el estado de lubricación del rodamiento, generalmente la medida más confiable es en dirección de la carga.

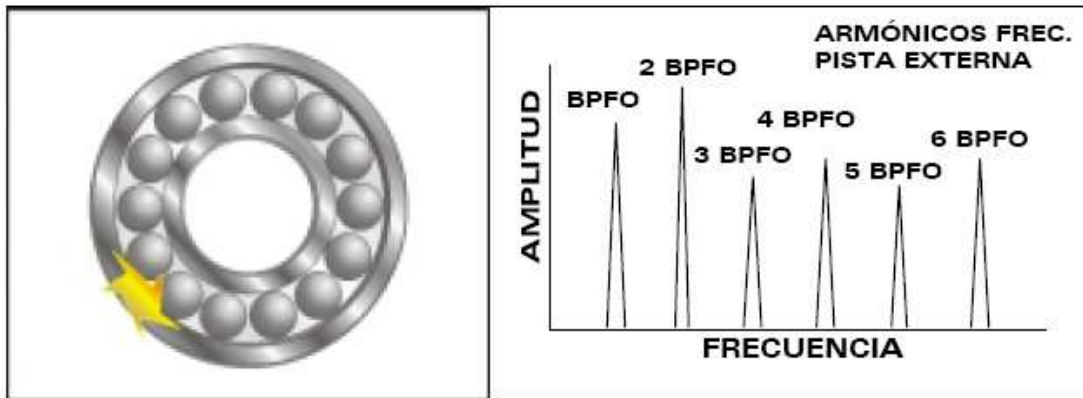


**Figura 2.21:** Falla en la pista interna

#### **2.4.7.2 Falla en la pista externa**

Agrietamiento del material en la pista externa, producido por errores de ensamble, sobre esfuerzos, corrosión, partículas externas o lubricación deficiente.

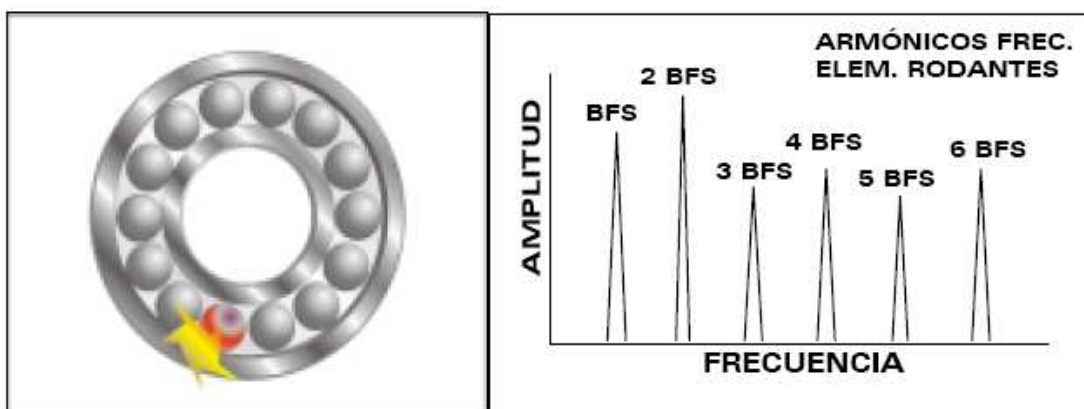
Se produce una serie de armónicos siendo los picos predominantes 1X y 2X RPS la frecuencia de falla de la pista externa, en dirección radial.



**Figura 2.22:** Falla en la pista externa

#### 2.4.7.3 Falla en los elementos rodantes

Agrietamiento o desastillamiento del material en los elementos rodantes, producido por errores de ensamble, esfuerzos anormales, corrosión, partículas externas o lubricación deficiente. Se produce una serie de armónicos siendo los picos predominantes 1X y 2X RPM la frecuencia de falla de los elementos rodantes, en dirección radial. Además el contacto metal – metal entre los elementos rodantes y las pistas producen pulsos en el dominio del tiempo del orden de 1-10 KHz.



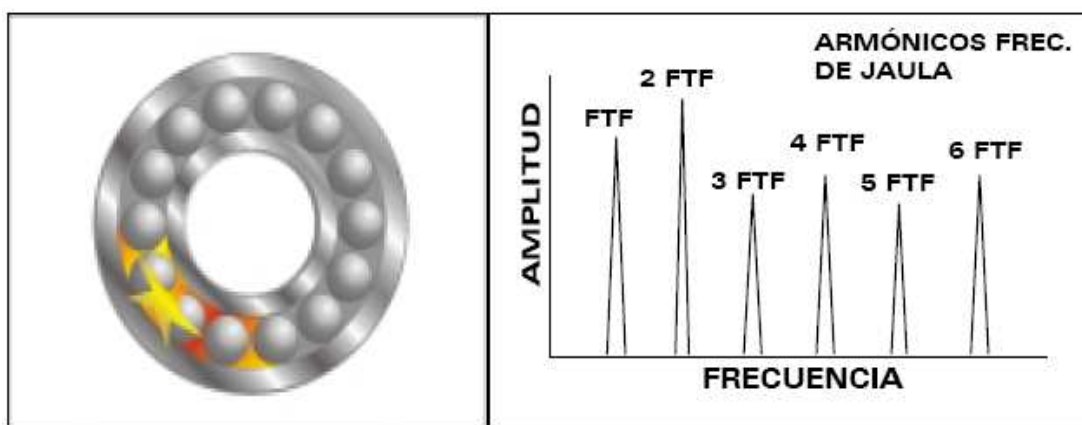
**Figura 2.23:** Falla en los elementos rodantes

#### 2.4.7.4 Deterioro de la jaula

Deformación de la jaula, caja o cubierta que mantiene en su posición a los elementos rodantes.

Se produce una serie de armónicos de la frecuencia de la jaula siendo los picos predominantes 1X y 2X RPM de la frecuencia de falla en jaula, en dirección radial o axial.

El rodamiento debe ser reemplazado, debido a que la falla seguirá incrementándose. Revise la posible causa que está dando origen a la falla.



**Figura 2.24:** Deterioro de la jaula

### CAPÍTULO III

## 3. EVALUACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LOS EQUIPOS

### 3.1 Estado actual de los Equipos

**Tabla 3.1:** ESTADO TÉCNICO DEL TAMIZ DE PRENSA

TAMIZ DE PRENSA				
MARCA: ITA		MODELO:		
CÓDIGO:		SIGNIFICADO:		
CÓDIGO DE ACTIVO FIJO: CLT101		SIGNIFICADO: CL: AREA CLARIFICACION T1: TAMIZ DE PRENSA 01: N° 1		
MANUALES:	PLANOS:	REPUESTOS:		
Si: ____ No: <u>X</u>	Si: ____ No: <u>X</u>	Si: <u>X</u> No: ____		
ESTADO TÉCNICO		Malo	Regular	Bueno
➤ Estado del anclaje			X	
➤ Estado de la carcasa		X		
➤ Funcionamiento de los mecanismos				X
➤ Funcionamiento del sistema de medición y control			X	
➤ Estado de las redes eléctricas				X
➤ Nivel de ruido y vibración			X	
➤ Lubricación			X	
CONCLUSIÓN: ESTADO TÉCNICO REGULAR				

**Tabla 3.2: ESTADO TÉCNICO DEL PRECLARIFICADOR**

<b>PRECLARIFICADOR</b>			
<b>MARCA:</b> TECNIPALMA		<b>MODELO:</b>	
<b>CÓDIGO:</b>		<b>SIGNIFICADO:</b>	
<b>CÓDIGO DE ACTIVO FIJO:</b> CLP101		<b>SIGNIFICADO:</b> CL: AREA CLARIFICACION P1: PRECLARIFICADOR 01: N° 1	
<b>MANUALES:</b>	<b>PLANOS:</b>	<b>REPUESTOS:</b>	
Si: ____ No: <u>X</u>	Si: ____ No: <u>X</u>	Si: <u>X</u> No: ____	
<b>ESTADO TÉCNICO</b>		<b>Malo</b>	<b>Regular</b>
		<b>Bueno</b>	
➤ Estado del anclaje ➤ Estado de la carcasa ➤ Funcionamiento de los mecanismos ➤ Funcionamiento del sistema de medición y control ➤ Estado de las redes eléctricas ➤ Nivel de ruido y vibración ➤ Lubricación			X X X X X X X
<b>CONCLUSIÓN:</b> ESTADO TÉCNICO BUENO			

**Tabla 3.3: ESTADO TÉCNICO DEL PRIMARIO**

TAMIZ DE PRIMARIO				
MARCA: ITA		MODELO:		
CÓDIGO:		SIGNIFICADO:		
CÓDIGO DE ACTIVO FIJO: CLP201		SIGNIFICADO: CL: AREA CLARIFICACION P2: PRIMARIO 01: N° 1		
MANUALES:	PLANOS:		REPUESTOS:	
Si: ____ No: <u>X</u>	Si: ____ No: <u>X</u>		Si: <u>X</u> No: ____	
ESTADO TÉCNICO			Malo	Regular
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Estado del anclaje</li> <li>➤ Estado de la carcasa</li> <li>➤ Funcionamiento de los mecanismos</li> <li>➤ Funcionamiento del sistema de medición y control</li> <li>➤ Estado de las redes eléctricas</li> <li>➤ Nivel de ruido y vibración</li> <li>➤ Lubricación</li> </ul>				X       X
CONCLUSIÓN: ESTADO TÉCNICO BUENO				

**Tabla 3.4:** ESTADO TÉCNICO DEL TAMIZ DE CENTRIFUGA

TAMIZ DE CENTRIFUGA				
MARCA: ITA		MODELO:		
CÓDIGO:		SIGNIFICADO:		
CÓDIGO DE ACTIVO FIJO: CLT201		SIGNIFICADO: CL: AREA CLARIFICACION T2: TAMIZ DE CENTRIFUGA 01: N° 1		
MANUALES:	PLANOS:	REPUESTOS:		
Si: _____ No: <u>X</u>	Si: _____ No: <u>X</u>	Si: <u>X</u> No: _____		
ESTADO TÉCNICO		Malo	Regular	Bueno
➤ Estado del anclaje			X	
➤ Estado de la carcasa			X	
➤ Funcionamiento de los mecanismos				X
➤ Funcionamiento del sistema de medición y control			X	
➤ Estado de las redes eléctricas				X
➤ Nivel de ruido y vibración			X	
➤ Lubricación			X	
CONCLUSIÓN: ESTADO TÉCNICO REGULAR				



**Tabla 3.5: ESTADO TÉCNICO DEL TANQUE DE AGUAS LODOSAS**

TANQUE DE AGUAS LODOSAS				
MARCA: ITA		MODELO:		
CÓDIGO:		SIGNIFICADO:		
CÓDIGO DE ACTIVO FIJO: CLT301		SIGNIFICADO: CL: AREA CLARIFICACION  T3: TANQUE DE AGUAS LODOSAS  01: N° 1		
MANUALES:	PLANOS:	REPUESTOS:		
Si: ____ No: <u>X</u>	Si: ____ No: <u>X</u>	Si: <u>X</u> No: ____		
ESTADO TÉCNICO		Malo	Regular	Bueno
➤ Estado del anclaje			X	
➤ Estado de la carcasa		X		
➤ Funcionamiento de los mecanismos			X	
➤ Funcionamiento del sistema de medición y control		X		
➤ Estado de las redes eléctricas			X	X
➤ Nivel de ruido y vibración			X	
➤ Lubricación			X	
CONCLUSIÓN: ESTADO TÉCNICO REGULAR				

**Tabla 3.6: ESTADO TÉCNICO DE CENTRIFUGA**

CENTRIFUGA				
MARCA: ITA		MODELO:		
CÓDIGO:		SIGNIFICADO:		
CÓDIGO DE ACTIVO FIJO: CLC101		SIGNIFICADO: CL: AREA CLARIFICACION C1: CENTRIFUGA 01: N° 1		
MANUALES:		PLANOS:		REPUESTOS:
Si: <u>X</u> No: _____		Si: <u>X</u> No: _____		Si: <u>X</u> No: _____
ESTADO TÉCNICO			Malo	Regular
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Estado del anclaje</li> <li>➤ Estado de la carcasa</li> <li>➤ Funcionamiento de los mecanismos</li> <li>➤ Funcionamiento del sistema de medición y control</li> <li>➤ Estado de las redes eléctricas</li> <li>➤ Nivel de ruido y vibración</li> <li>➤ Lubricación</li> </ul>				
CONCLUSIÓN: ESTADO TÉCNICO BUENO				

**Tabla 3.7:** ESTADO TÉCNICO DEL TANQUE DE AGUAS GRASOSAS

TANQUE DE AGUAS GRASOSAS					
MARCA: ITA		MODELO:			
CÓDIGO:		SIGNIFICADO:			
CÓDIGO DE ACTIVO FIJO: CLT401		SIGNIFICADO: CL: AREA CLARIFICACION  T4: TANQUE DE AGUAS GRASOSAS  01: N° 1			
MANUALES:		PLANOS:		REPUESTOS:	
Si: _____ No: <u>X</u>		Si: _____ No: <u>X</u>		Si: <u>X</u> No: _____	
ESTADO TÉCNICO			Malo	Regular	Bueno
➤ Estado del anclaje			X		
➤ Estado de la carcasa				X	
➤ Funcionamiento de los mecanismos					X
➤ Funcionamiento del sistema de medición y control				X	
➤ Estado de las redes eléctricas					X
➤ Nivel de ruido y vibración					X
➤ Lubricación				X	
CONCLUSIÓN: ESTADO TÉCNICO REGULAR					

**Tabla 3.8: ESTADO TÉCNICO DEL TANQUE DE ACEITE RECUPERADO**

TANQUE DE ACEITE RECUPERADO				
MARCA: ITA		MODELO:		
CÓDIGO:		SIGNIFICADO:		
CÓDIGO DE ACTIVO FIJO: CLT501		SIGNIFICADO: CL: AREA CLARIFICACION T5: TANQUE DE ACEITE RECUPERADO 01: N° 1		
MANUALES:	PLANOS:	REPUESTOS:		
Si: _____ No: <u>X</u>	Si: _____ No: <u>X</u>	Si: <u>X</u> No: _____		
ESTADO TÉCNICO		Malo	Regular	Bueno
➤ Estado del anclaje		X		
➤ Estado de la carcasa		X		
➤ Funcionamiento de los mecanismos			X	
➤ Funcionamiento del sistema de medición y control			X	
➤ Estado de las redes eléctricas				X
➤ Nivel de ruido y vibración				X
➤ Lubricación			X	
CONCLUSIÓN: ESTADO TÉCNICO REGULAR				

**Tabla 3.9: ESTADO TÉCNICO DEL DESHIDRATADOR**

DESHIDRATADOR				
MARCA: ITA		MODELO:		
CÓDIGO:		SIGNIFICADO:		
CÓDIGO DE ACTIVO FIJO: CLD101		SIGNIFICADO: CL: AREA CLARIFICACION D1: DESHIDRATADOR 01: N° 1		
MANUALES:	PLANOS:	REPUESTOS:		
Si: _____ No: <u>X</u>	Si: _____ No: <u>X</u>	Si: <u>X</u> No: _____		
ESTADO TÉCNICO		Malo	Regular	Bueno
➤ Estado del anclaje				X
➤ Estado de la carcasa				X
➤ Funcionamiento de los mecanismos				X
➤ Funcionamiento del sistema de medición y control			X	
➤ Estado de las redes eléctricas				X
➤ Nivel de ruido y vibración			X	
➤ Lubricación			X	
CONCLUSIÓN: ESTADO TÉCNICO BUENO				

**Tabla 3.10: ESTADO TÉCNICO DEL TANQUE DE ACEITE TERMINADO**

TANQUE DE ACEITE TERMINADO				
MARCA: ITA		MODELO:		
CÓDIGO:		SIGNIFICADO:		
CÓDIGO DE ACTIVO FIJO: CLT601		SIGNIFICADO: CL: AREA CLARIFICACION  T6: TANQUE DE ACEITE TERMINADO  01: N° 1		
MANUALES:		PLANOS:		REPUESTOS:
Si: _____ No: <u>X</u>		Si: _____ No: <u>X</u>		Si: <u>X</u> No: _____
ESTADO TÉCNICO			Malo	Regular
➤ Estado del anclaje				X
➤ Estado de la carcasa				X
➤ Funcionamiento de los mecanismos				X
➤ Funcionamiento del sistema de medición y control				X
➤ Estado de las redes eléctricas				X
➤ Nivel de ruido y vibración				X
➤ Lubricación				X
CONCLUSIÓN: ESTADO TÉCNICO REGULAR				

**Tabla 3.11: ESTADO TÉCNICO DEL POZO DE LODOS**

POZO DE LODOS				
MARCA:		MODELO:		
CÓDIGO:		SIGNIFICADO:		
CÓDIGO DE ACTIVO FIJO: CLL101		SIGNIFICADO: CL: AREA CLARIFICACION  L1: POZO DE LODOS  01: N° 1		
MANUALES:	PLANOS:		REPUESTOS:	
Si: _____ No: <u>X</u>	Si: _____ No: <u>X</u>		Si: <u>X</u> No: _____	
ESTADO TÉCNICO			Malo	Regular
<p>➤ Estado del anclaje</p> <p>➤ Estado de la estructura</p> <p>➤ Funcionamiento de los mecanismos</p> <p>➤ Funcionamiento del sistema de medición y control</p> <p>➤ Estado de las redes eléctricas</p> <p>➤ Nivel de ruido y vibración</p> <p>➤ Lubricación</p>				<p>X</p> <p>X</p> <p>X</p> <p>X</p> <p>X</p> <p>X</p>
CONCLUSIÓN: ESTADO TÉCNICO REGULAR				X

### **3.2 Mantenimiento empleado en los Equipos.**

La extractora “PLACIEN” implemento en este año un programa de mantenimiento preventivo programado, el cual consta de tareas de mantenimiento como revisiones, inspecciones, reparaciones, lubricaciones, cambios y alineación en algunos casos; esto lo realizan con frecuencias que ellos creen conveniente.

En este año también realizaron un registro de máquinas, en el cual llevan todas las tareas realizadas en las máquinas y los fallos imprevistos que en estos sucedan. Trabajan con órdenes de trabajo sencillas para el cumplimiento de las tareas a realizarse en las maquinarias o equipos de una forma sistemática y organizada del programa de mantenimiento.

Placien no cuenta con un plan de mantenimiento predictivo en ninguno de sus equipos, lo cual ha traído como resultado diversas fallas que han perjudicado el servicio.

#### **3.2.1 Planificación actual de materiales, repuestos y herramientas para llevar el Mantenimiento**

Placien cuenta con la infraestructura adecuada en cada caso, herramientas, repuestos, y materiales que son garantizados en el espacio adecuado de Planta Física (Talleres) y de Almacenamiento respectivamente. Además se cuenta con un stock de repuestos, el cual la mayor parte son los que se consideran consumibles en la Planta.



En muchas ocasiones no hay mano de obra suficiente para realizar los trabajos de mantenimiento por lo que se opta por tercerizar.

### **3.3 Documentación Existente.**

Actualmente la fábrica posee el programa de mantenimiento de este año, órdenes de trabajos sencillas y el registro de máquinas solo desde este año. No tiene registros o fichas de mantenimiento predictivo, no se tienen manuales; por lo que se hace necesario elaborar un plan predictivo.

## **CAPÍTULO IV**

### **4. EQUIPO DE DIAGNOSTICO VIBRACIONAL.**

#### **4.1 Sensor de Medición.**

Este instrumento mide los sentidos de las vibraciones en puntos predeterminados usando un sensor llamado acelerómetro y trabaja con valores de velocidad, aceleración y demodulación, los valores característicos. Además, el Detector II mide temperaturas usando el sensor o pirómetro.

#### **4.2 Colector de Datos.**

El Detector II es un instrumento de mantenimiento predictivo y su principal función es de medir la intensidad de vibración total o global.

Cuando finalizamos una ronda de medición, los valores característicos medidos son grabados, estos los transferimos a una computadora dónde son evaluados y analizados gráficamente.

La configuración la creamos usando el Trendline 2 y transferido al Detector II antes de la medición. Para medir, el sensor de vibración lo fijamos a un punto de la medición predeterminado con la ayuda de un pegado de imán. Si éste no puede ser fijado por el pegado magnético debido al material, tenemos que pegarlo al punto de medición con la ayuda de un superglue duro. La configuración del punto de la medición lo seleccionamos en el Detector II y se empieza la medición.

### 4.3 Software de Análisis Vibracional



**Figura 4.1:** Equipo de medición detector II

El software Trendline 2 es el programa del servidor para el Detector II. El propio Detector se diseñó para grabar los datos que fueron medidos. Toda la administración de los datos y las tareas de la evaluación se llevan a cabo por el software Trendline 2. El software configura el monitoreo del sistema y evalúa, analiza y almacena los datos medidos al sistema. Además, este controla los datos que se intercambian entre el Detector y el computador.

Se necesita una computadora como mínimo Pentium 3 para cargar el software Trendline 2 donde se establece el nombre de la planta, área y las máquinas a medir, sus puntos respectivos, las tolerancias de acuerdo a los equipos que se analizará y las rutas de medición.

## **CAPÍTULO V**

### **5 ANÁLISIS VIBRACIONAL DE LOS EQUIPOS**

#### **5.1 Categorización de la Maquinaria o Equipo**

##### **5.1.1 Aspectos Selectivos**

**Tabla 5.1: INTERCAMBIABILIDAD**

<b>CATEGORÍA</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>EQUIPOS</b>
<b>A</b>	Irreemplazable	Tamiz de Prensa Preclarificador Tamiz de Centrifuga Centrifuga Deshidratador Tanque de Aceite Terminado Pozo de Lodos
<b>B</b>	Reemplazable	Tanque de Aguas Lodosas Tanque de Aguas Grasosas Tanque de Aceite Recuperado
<b>C</b>	Intercambiable	Primario

**Tabla 5.2: IMPORTANCIA PRODUCTIVA**

<b>CATEGORÍA</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>EQUIPOS</b>
<b>A</b>	Imprescindible	Tamiz de Prensa  Preclarificador  Centrifuga  Tanque de Aceite Terminado  Pozo de Lodos
<b>B</b>	Limitante	Primario  Tamiz de Centrifuga  Tanque de Aceite Recuperado  Deshidratador
<b>C</b>	Convencional	Tanque de Aguas Lodosas  Tanque de Aguas Grasosas

**Tabla 5.3: RÉGIMEN DE OPERACIÓN**

<b>CATEGORÍA</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>EQUIPOS</b>
<b>A</b>	Proceso Continuo	Tamiz de prensa  Preclarificador  Tamiz de centrifuga  Tanque de Aguas Lodosas  Centrifuga  Tanque de Aguas Grasosas  Tanque de Aceite Recuperado  Deshidratador  Tanque de Aceite Terminado  Pozo de Lodos
<b>B</b>	Proceso Seriado	
<b>C</b>	Proceso Alternado	Primario

**Tabla 5.4:** NIVEL DE UTILIZACIÓN

CATEGORÍA	CARACTERÍSTICAS	EQUIPOS
<b>A</b>	Muy Utilizada	Tamiz de Prensa  Preclarificador  Tamiz de Centrifuga  Tanque de Aguas Lodosas  Centrifuga  Tanque de Aguas Grasosas  Tanque de Aceite Recuperado  Deshidratador  Tanque de Aceite Terminado  Pozo de Lodos
<b>B</b>	Media Utilizada	Primario
<b>C</b>	Poco Utilizada	

### 5.1.2 Parámetros Directivos

**Tabla 5.5:** PARÁMETRO PRINCIPAL DE LA MÁQUINA

CATEGORÍA	CARACTERÍSTICAS	EQUIPOS
<b>A</b>	Alta	
<b>B</b>	Media	Tamiz de Prensa Preclarificador Primario Tamiz de Centrifuga Tanque de Aguas Lodosas Centrifuga Tanque de Aguas Grasosas Tanque de Aceite Recuperado Deshidratador Tanque de Aceite Terminado Pozo de Lodos
<b>C</b>	Baja	



**Tabla 5.6: MANTENIBILIDAD**

<b>CATEGORÍA</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>EQUIPOS</b>
<b>A</b>	Máquina de Alta Complejidad	Centrifuga
<b>B</b>	Máquina de Media Complejidad	<p>Tamiz de Prensa</p> <p>Preclarificador</p> <p>Primario</p> <p>Tamiz de Centrifuga</p> <p>Tanque de Aguas Lodosas</p> <p>Tanque de Aguas Grasosas</p> <p>Tanque de Aceite Recuperado</p> <p>Deshidratador</p> <p>Tanque de Aceite Terminado</p> <p>Pozo de Lodos</p>
<b>C</b>	Máquina de Simple Complejidad	

**Tabla 5.7: CONSERVABILIDAD**

<b>CATEGORÍA</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>EQUIPOS</b>
<b>A</b>	Máquina con Condiciones Especiales	
<b>B</b>	Máquina Protegida	Tamiz de Prensa Preclarificador Primario Tamiz de Centrifuga Tanque de Aguas Lodosas Centrifuga Tanque de Aguas Grasosas Deshidratador Tanque de Aceite Terminado
<b>C</b>	Máquina en Condiciones Severas	Tanque de Aceite recuperado Pozo de Lodos

**Tabla 5.8: AUTOMATIZACIÓN**

CATEGORÍA	CARACTERÍSTICAS	EQUIPOS
<b>A</b>	Automática	
<b>B</b>	Semiautomática	Tamiz de Prensa  Preclarificador  Tamiz de Centrifuga  Tanque de Aguas Lodosas  Centrifuga  Tanque de Aguas Grasosas  Tanque de Aceite Recuperado  Deshidratador  Tanque de Aceite Terminado  Pozo de Lodos
<b>C</b>	Máquina Totalmente Mecánica	Primario

**Tabla 5.9: VALOR DE LA MÁQUINA**

<b>CATEGORÍA</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>EQUIPOS</b>
<b>A</b>	Alto Valor	Centrifuga
<b>B</b>	Medio Valor	Tamiz de Prensa Preclarificador Primario Tamiz de Centrifuga Deshidratador Tanque de Aceite Terminado Pozo de Lodos
<b>C</b>	Bajo Valor	Tanque de Aguas Lodosas Tanque de Aguas Grasosas Tanque de Aceite Recuperado

**Tabla 5.10: FACILIDAD DE APROVISIONAMIENTO**

<b>CATEGORÍA</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>EQUIPOS</b>
<b>A</b>	Mala	Centrifuga
<b>B</b>	Regular	Deshidratador
<b>C</b>	Buena	<p>Tamiz de Prensa</p> <p>Preclarificador</p> <p>Primario</p> <p>Tamiz de Centrifuga</p> <p>Tanque de Aguas Lodosas</p> <p>Tanque de Aguas Grasosas</p> <p>Tanque de Aceite Recuperado</p> <p>Tanque de Aceite Terminado</p> <p>Pozo de Lodos</p>

**Tabla 5.11: SEGURIDAD OPERACIONAL**

<b>CATEGORÍA</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>EQUIPOS</b>
<b>A</b>	Máquina Peligrosa	
<b>B</b>	Máquina con Peligrosidad Media	Centrifuga Pozo de Lodos
<b>C</b>	Máquina Poco Peligrosa	Tamiz de Prensa Preclarificador Primario Tamiz de Centrifuga Tanque de Aguas Lodosas Tanque de Aguas Grasosas Tanque de Aceite Recuperado Deshidratador Tanque de Aceite Terminado

A continuación se resumen el resultado de la categorización:

**Tabla 5.12:** RESULTADO DE LA CATEGORIZACIÓN DE LAS MÁQUINAS

<b>CATEGORÍA</b>	<b>EQUIPOS</b>
<b>A</b>	Tamiz de Prensa  Preclarificador  Centrifuga
<b>B</b>	Primario  Tamiz de Centrifuga  Tanque de Aguas Lodosas  Tanque de Aguas Grasosas  Tanque de Aceite Recuperado  Deshidratador
<b>C</b>	

### **5.1.3 Política de Mantenimiento Acorde con la Categoría de las Maquinas**

#### **PARA LA CATEGORÍA A:**

Lograr la máxima disponibilidad de la maquinaria o equipos, para lo cual se recomienda realizar lo siguiente:

- Mantenimiento predictivo: gran utilización de técnicas de ultrasonido vibraciones, análisis de aceite, termografía, etc, sin escatimar costos.
- Mantenimiento preventivo: emplear un sistema de mantenimiento preventivo planificado.
- Mantenimiento correctivo: en el caso de reparaciones imprevistas.

#### **PARA LA CATEGORÍA B:**


Reducir los costos de mantenimiento sin que ello perjudique la disponibilidad de la maquinaria o equipos, para lo cual se recomienda realizar lo siguiente:

- Mantenimiento predictivo: usarlo solamente en caso necesario
- Mantenimiento preventivo: emplear un sistema de mantenimiento preventivo planificado.
- Mantenimiento correctivo: en el caso de reparaciones imprevistas.

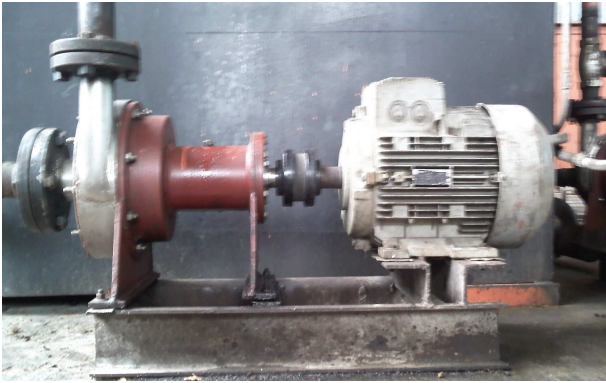


## 5.2 Diseño de Fichas Técnicas de Medición.

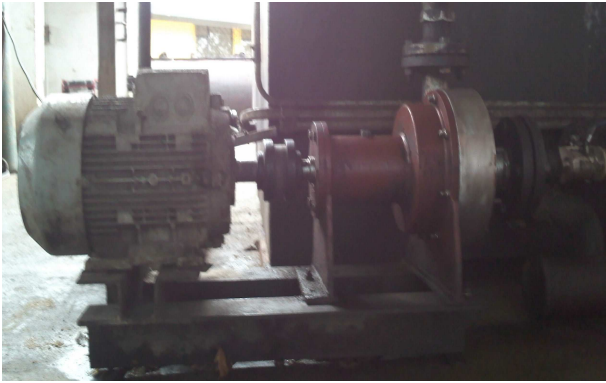
**Tabla 5.13: TAMIZ DE PRENSA**

<b>TAMIZ DE PRENSA</b>	
<b>MOTOR</b>	<b>TAMIZ</b>
Marca: Asea	Malla 1: 20
Modelo: M112MB – 6	Malla 2: 40
Potencia: 3 HP	Temp: 70 °C
r.p.m.: 1750	
	
Frecuencia: 29 Hz	


**Tabla 5.14: PRECLARIFICADOR 1**

<b>PRECLARIFICADOR</b>	
<b>MOTOR 1</b>	<b>BOMBA 1</b>
Marca: Siemens	Tipo: Simple Succión
Modelo:	Temp: 60 °C
Potencia: 10 HP	
r.p.m.: 1800	r.p.m.: 1800
	
Frecuencia: 30 Hz	

**Tabla 5.15: PRECLARIFICADOR 2**


<b>PRECLARIFICADOR</b>	
<b>MOTOR 2</b>	<b>BOMBA 2</b>
Marca: Siemens	Tipo: Simple Succión
Modelo:	Temp: 60 °C
Potencia: 10 HP	
r.p.m.: 1800	r.p.m.: 1800
	
Frecuencia: 30 Hz	

**Tabla 5.16: CENTRIFUGA**

CENTRIFUGA	
MOTOR	BOWL
Marca: Siemens	Tipo: 6 puntas
Modelo:	Temp: 60 °C
Potencia: 30 HP	Boquillas: 1.7 mm
r.p.m.: 1700	r.p.m.: 1435
	
Frecuencia Bowl: 24 Hz	

**Tabla**

### 5.17: POZO DE LODOS

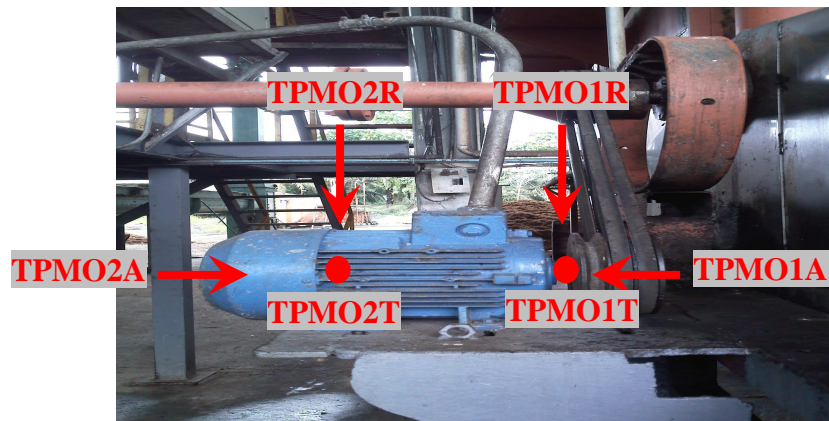
POZO DE LODOS	
MOTOR	BOMBA
Marca: Siemens	Tipo: Simple Succión
Modelo: 1LA7 114 - 4YA60	Temp: 60 °C
Potencia: 7.5 HP	
r.p.m.: 1740	r.p.m.: 1740
	
Frecuencia: 29 Hz	

**Tabla 5.18: TANQUE DE ACEITE TERMINADO**

TANQUE DE ACEITE TERMINADO	
MOTOR	BOMBA
Marca: Siemens	Tipo: Simple Succión
Modelo: 1LA7 112 – 2YA60	Temp: 60 °C
Potencia: 7.5 HP	
r.p.m.: 1740	r.p.m.: 1740
	
Frecuencia: 29 Hz	

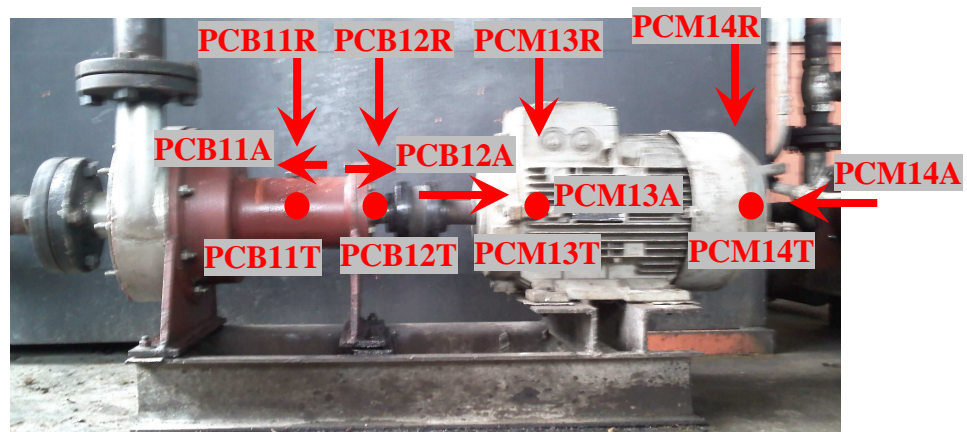
### 5.3 Determinación de los Puntos de Medición

#### TAMIZ DE PRENSA



**Figura 5.1:** Tamiz de Prensa

#### PRECLARIFICADOR 1



**Figura 5.2:** Preclarificador 1



## PRECLARIFICADOR 2

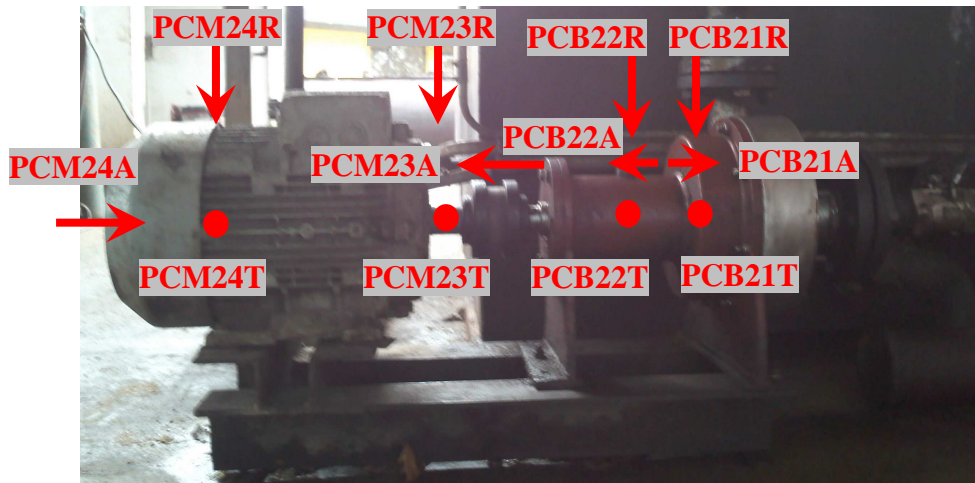


Figura 5.3: Preclarificador 2

## CENTRIFUGA

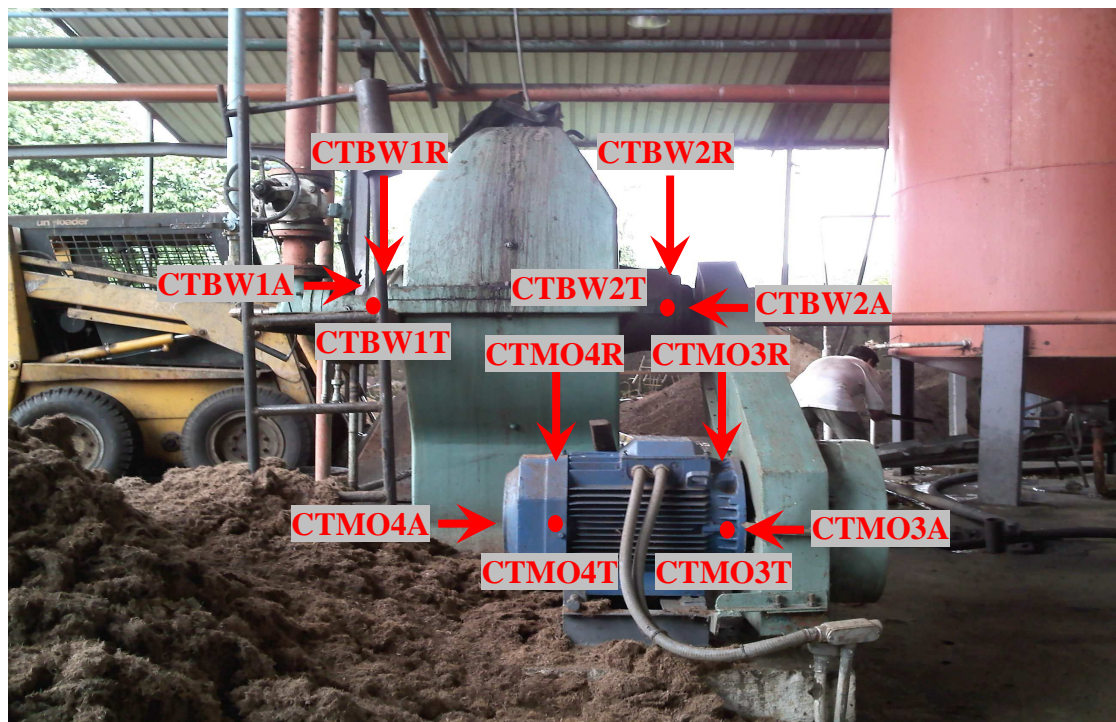


Figura 5.4: Centrifuga



## POZO DE LODOS

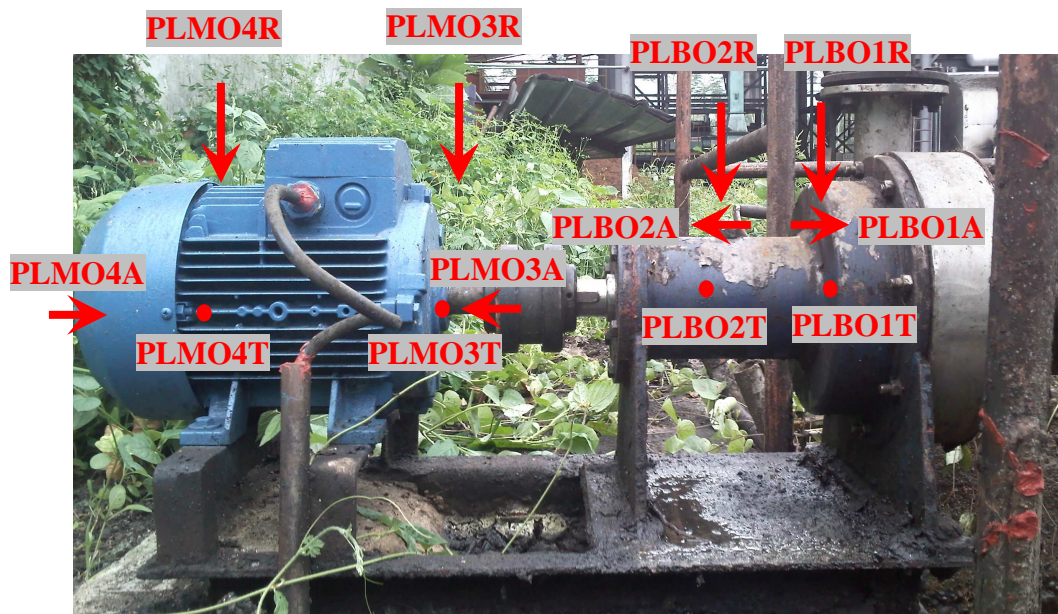


Figura 5.5: Pozo de Lodos

## TANQUE DE ACEITE TERMINADO

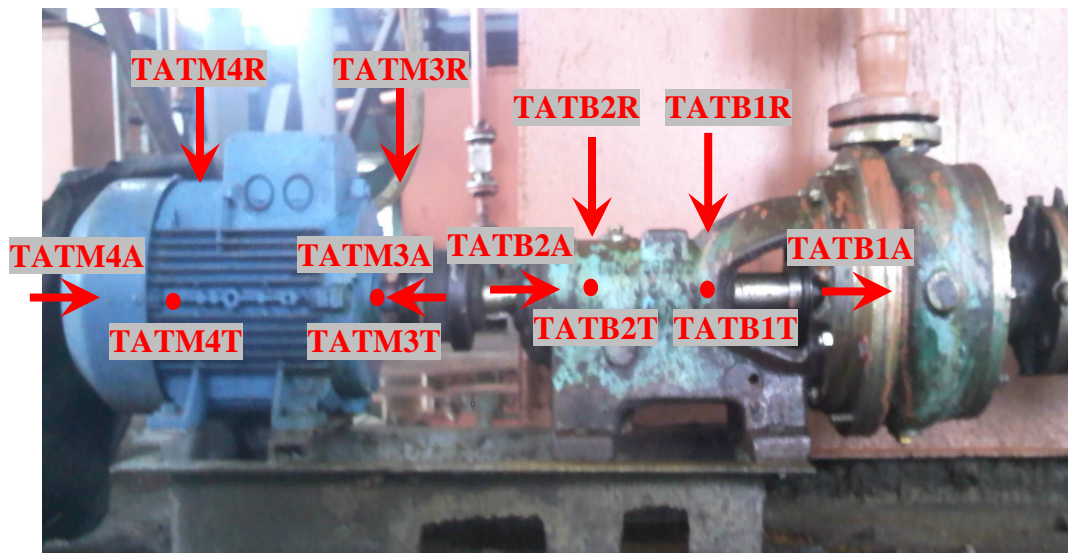
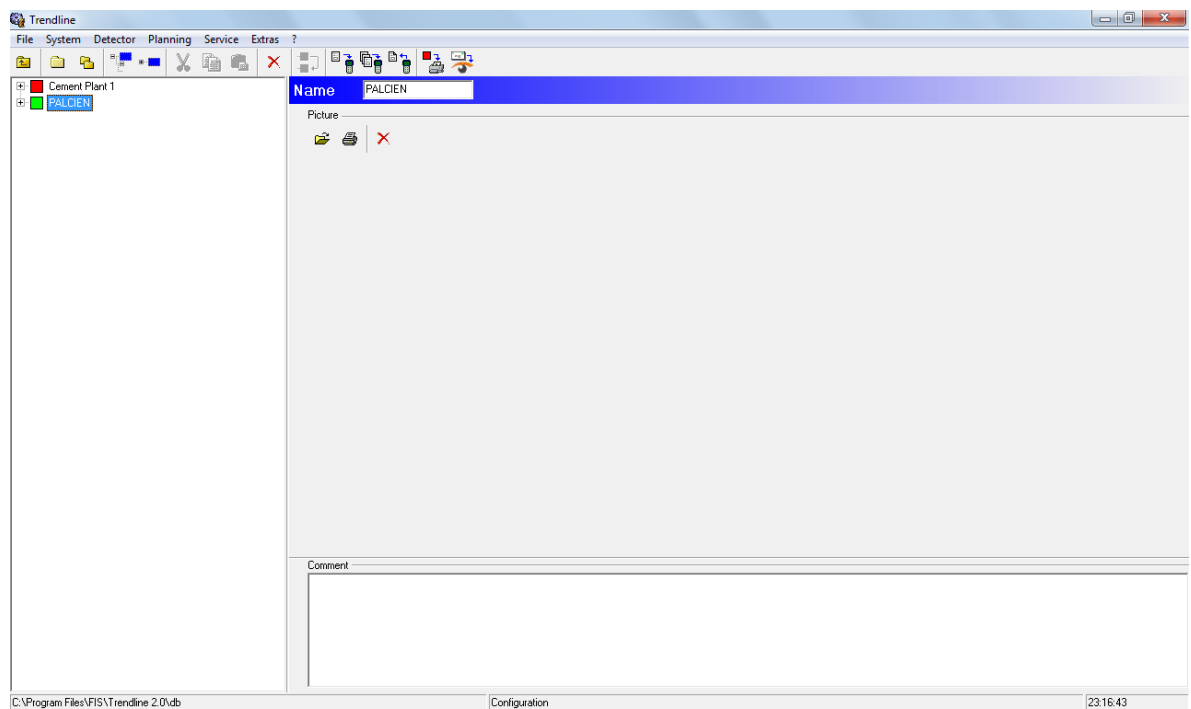


Figura 5.6: Tanque de Aceite Terminado

## 5.4 Configuración de la Ruta de Medición

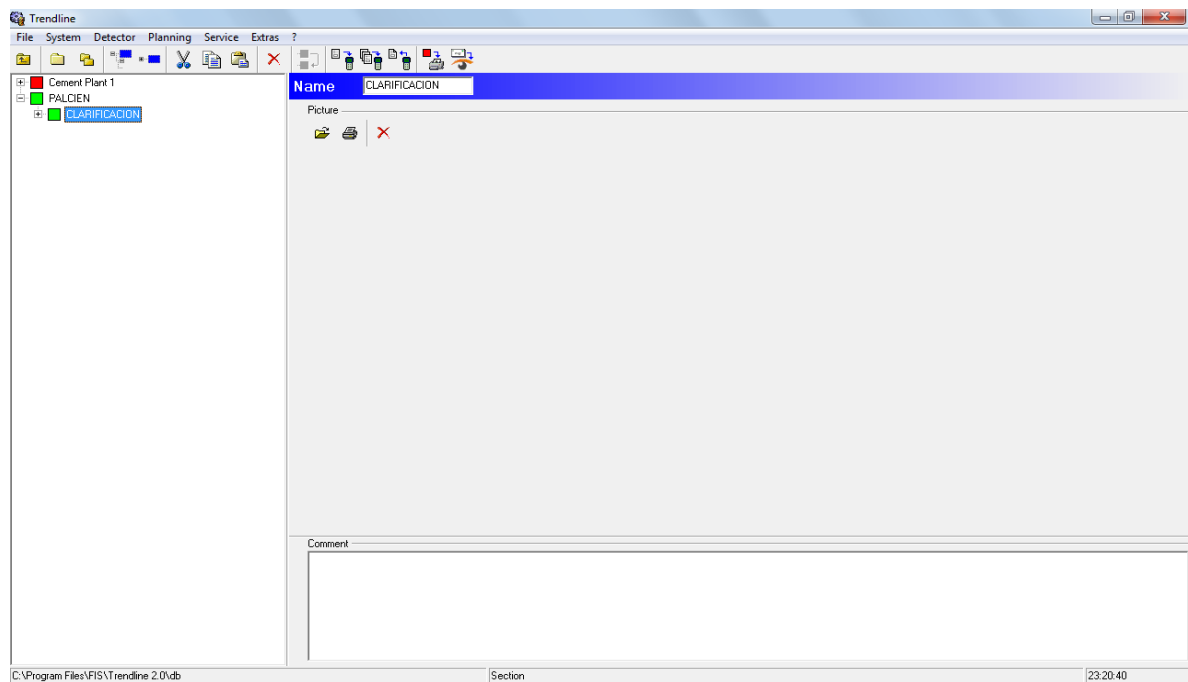
Para la configuración de las rutas de medición seguimos los siguientes pasos:

- Damos clic en la carpeta para poder crear y establecer códigos para nuestras máquinas, en esta pantalla nos da la posibilidad de cambiar nombres de acuerdo a los requerimientos de la empresa en este caso es PLACIEN.



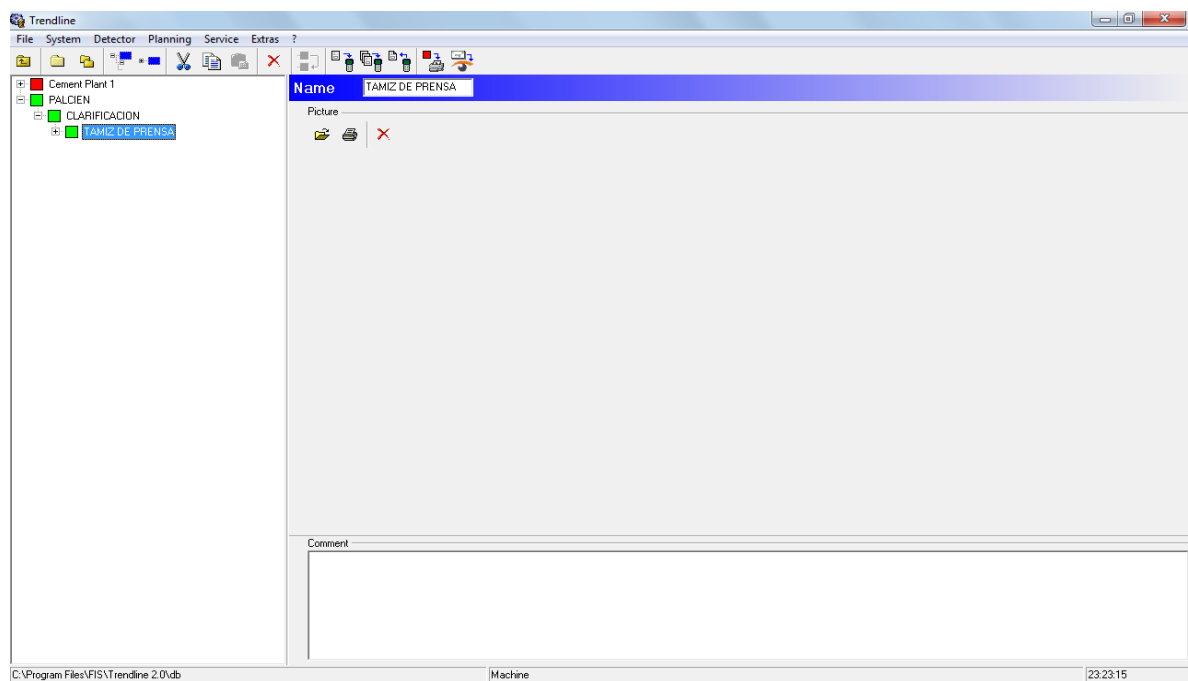
**Figura 5.7:** Extractora Palcien

- Después cree un subitem que en este caso es el área de CLARIFICACION:

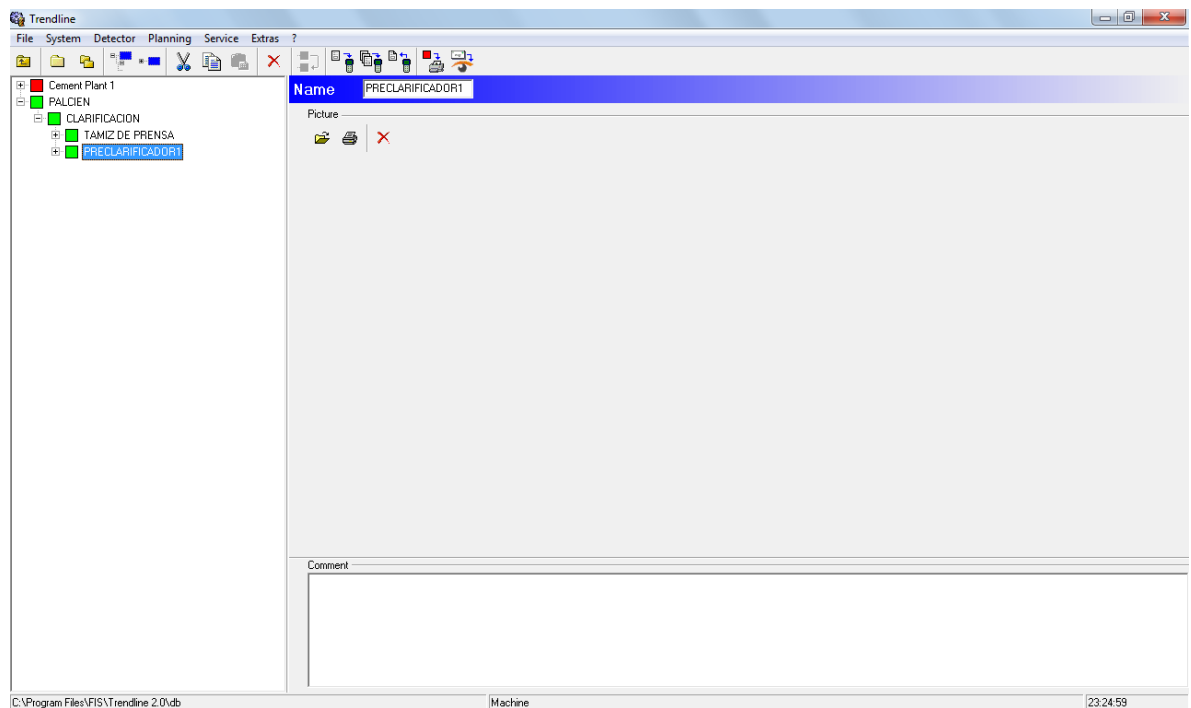


**Figura 5.8:** Área de Clarificación

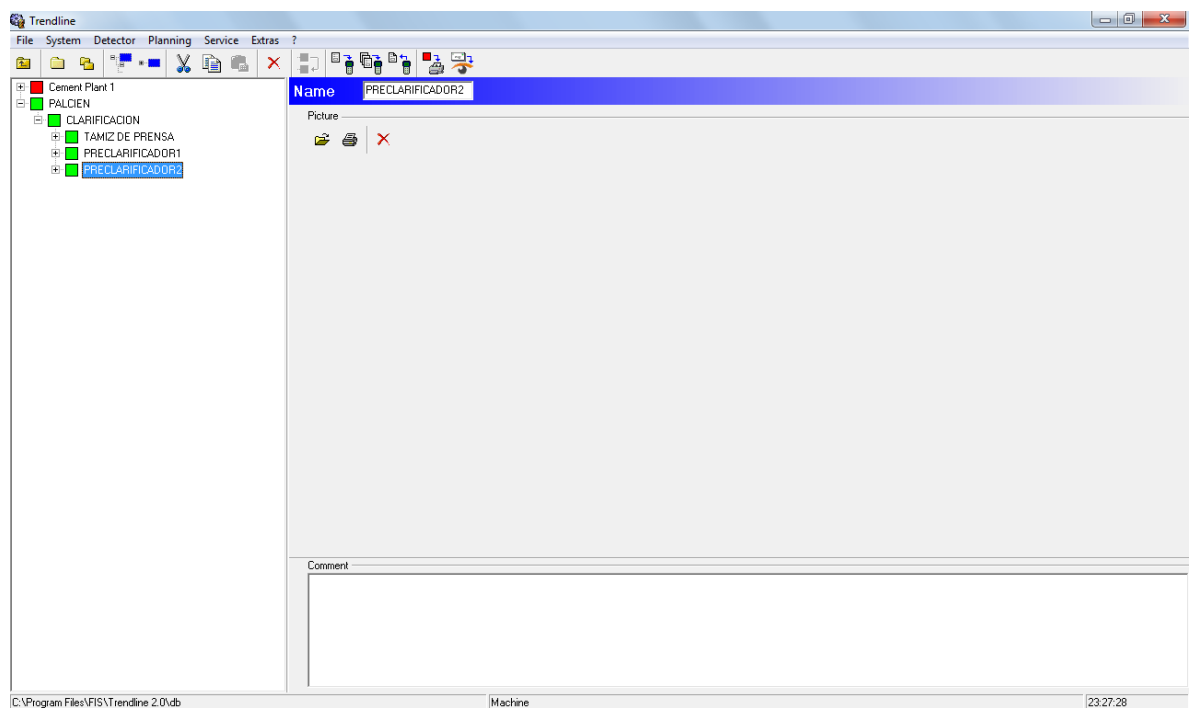
- Señalamos el área de Clarificación, creamos un subitem donde van los equipos:



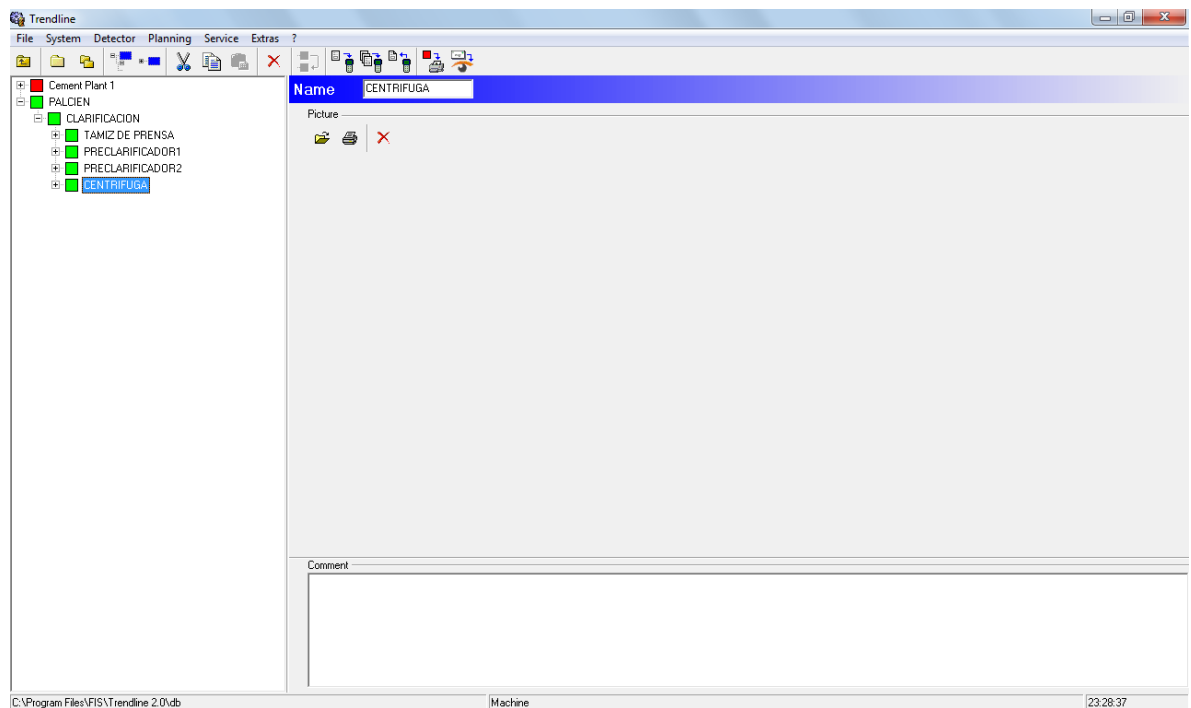
**Figura 5.9:** Tamiz de Prensa



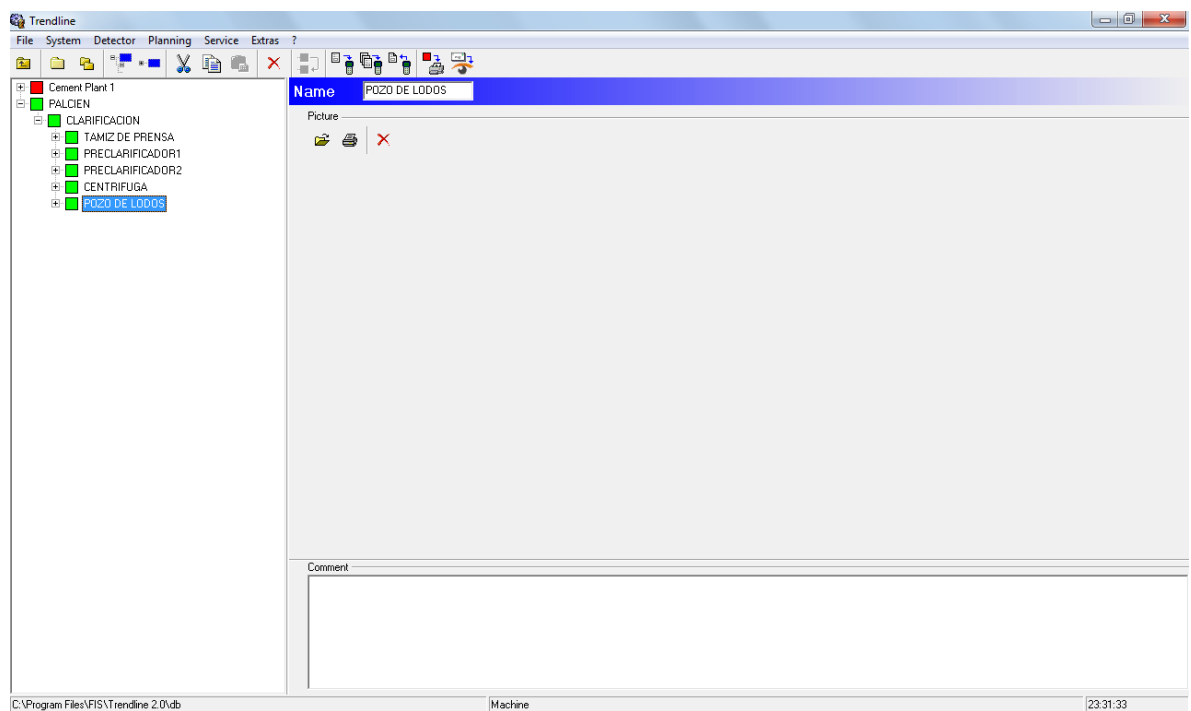
**Figura 5.10:** Preclarificador 1



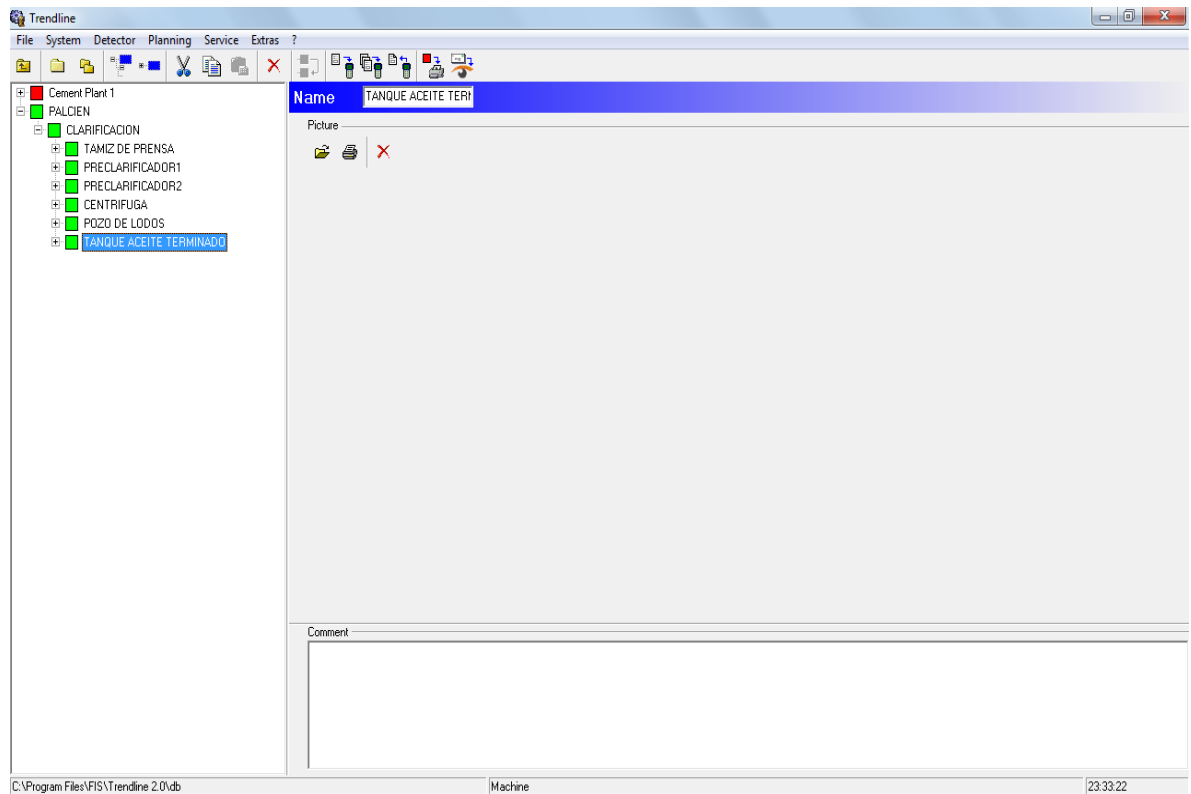
**Figura 5.11:** Preclarificador 2



**Figura 5.12: Centrifuga**



**Figura 5.13: Pozo de Lodos**



**Figura 5.14:** Tanque de Aceite Terminado

En cada uno de los equipos una vez que hemos establecido los diferentes puntos y direcciones de medición, se procede a definir los diferentes parámetros que se va a analizar los cuales son:

- Primero la norma que vamos a usar y en este caso es la norma ISO 10816.
- Segundo la aceleración.
- Tercero la velocidad.
- Cuarto la temperatura.

Y en el equipo queda configurado de la siguiente forma:

- ISO 10816
- Aeff
- Deff TP 1000 Hz
- Temp

### **5.5 Recopilación de Datos**

Las mediciones se realizaron en los puntos indicados anteriormente en los equipos, en el sentido radial, tangencial y axial, como se muestra a continuación:



**Figura 5.15:** Punto PCB12R





**Figura 5.16:** Punto PCB22T



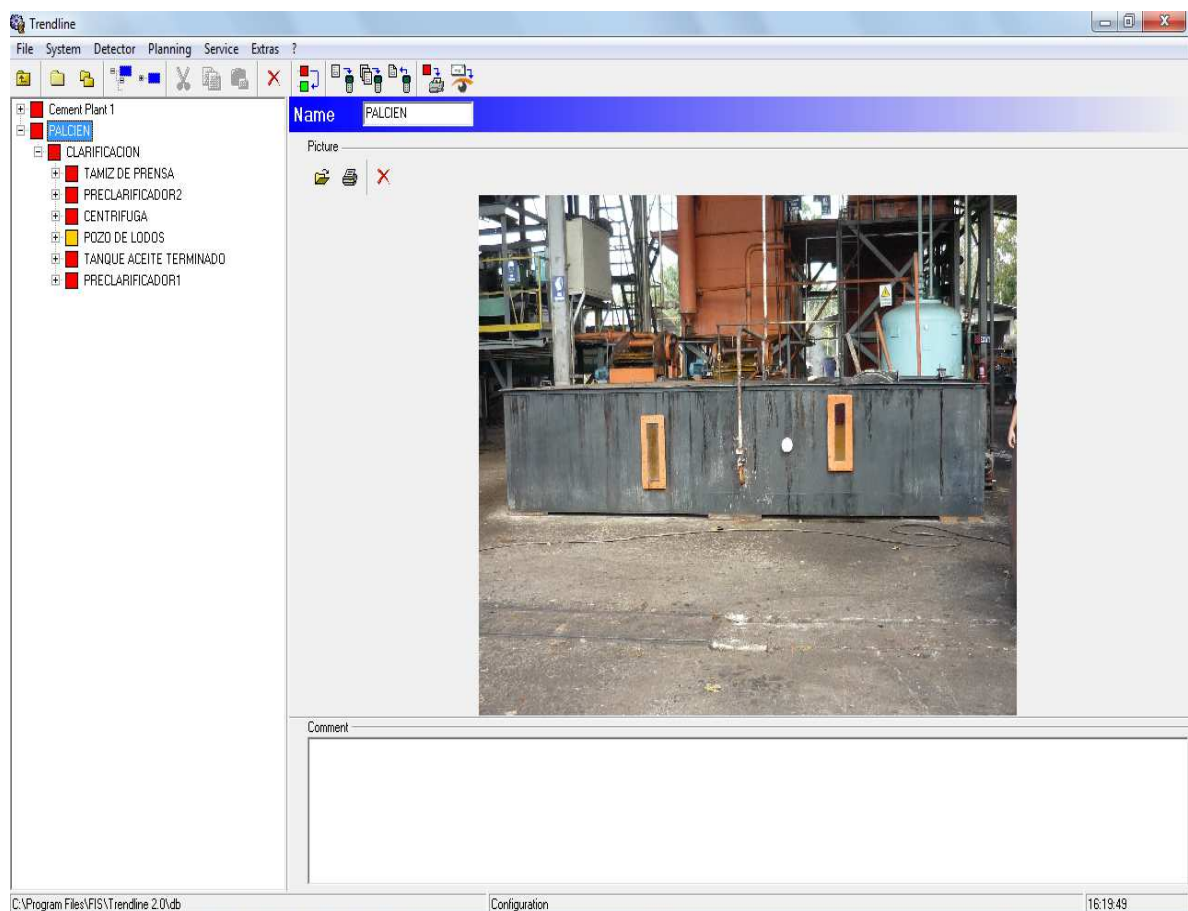
**Figura 5.17:** Punto CTBW1A



En el **ANEXO 1** se muestra los gráficos restantes de la recopilación de datos en los equipos.

### **5.6 Cargado de datos al Software Vibracional.**

Luego de realizar la recopilación de datos de las rutas de medición que ingresamos en el Detector II, procedemos a enviar las mediciones al software Trendline 2, para luego revisar los espectros de las maquinas en que existen problemas.

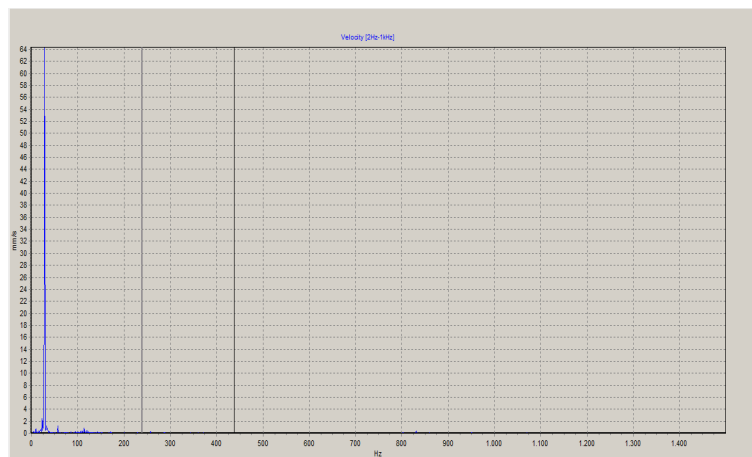


**Figura 5.18:** Cargado de mediciones de máquinas del Área de Clarificación.

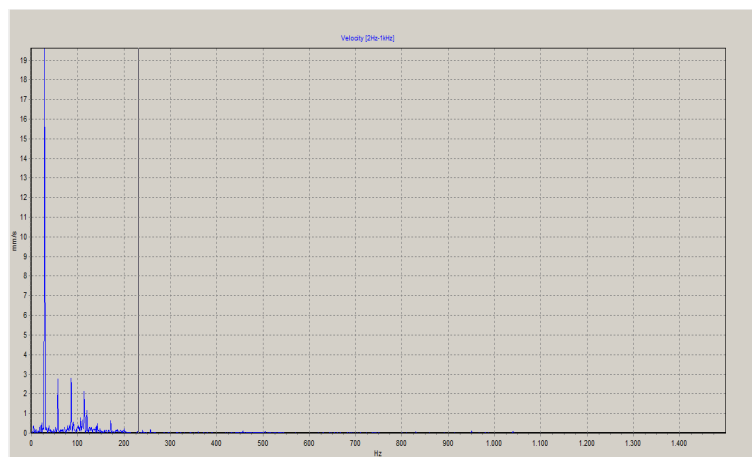
## **5.7 Análisis de los resultados obtenidos en el Diagnostico Vibracional.**

### **5.7.1 Espectros del Tamiz de Prensa**

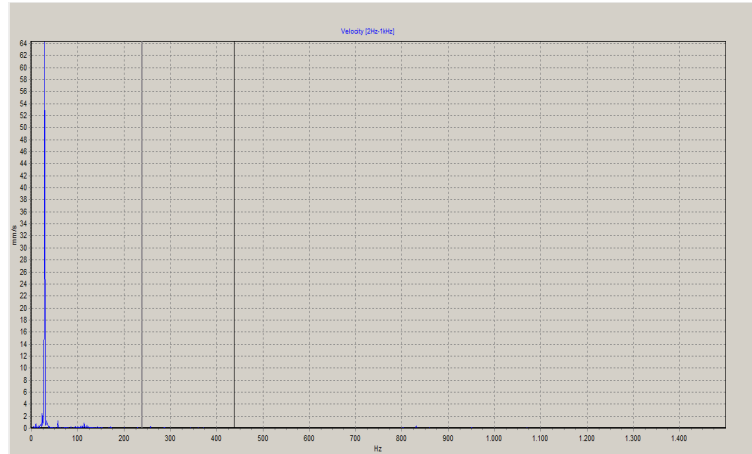
#### **5.7.1.1 Espectros del Punto 1**



**Figura 5.19: Espectro TPMO1R**



**Figura 5.20: Espectro TPMO1T**



**Figura 5.21:** Espectro TPM01A

## ANÁLISIS

Como se puede observar en los espectros tenemos picos elevados en 1XT de 15,22 mm/s, un pico elevado en 1XR de 49,11 mm/s y la existencia de un pico en 1XA de 50,12 mm/s, los mismos que no son admisibles y nos indican un nivel de alarma crítico según la norma ISO 10816.

## DIAGNÓSTICO

Los picos elevados en 1X en la dirección radial y en 1X en la dirección axial, nos muestra un **problema de Desalineación Combinada** y el pico elevado en 1X en la dirección tangencial nos indica un **problema de Flexibilidad Transversal**.

5.7.1.2 Espectros del Punto 2

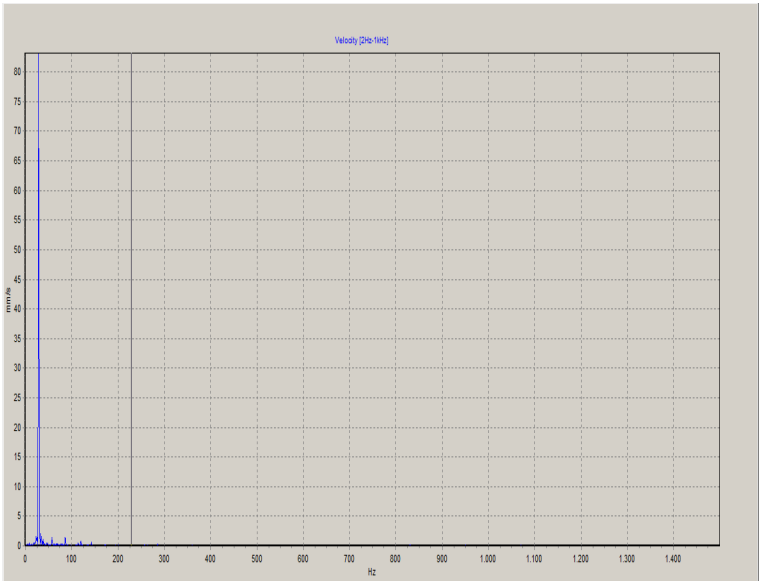


Figura 5.22: Espectro TPMO2R

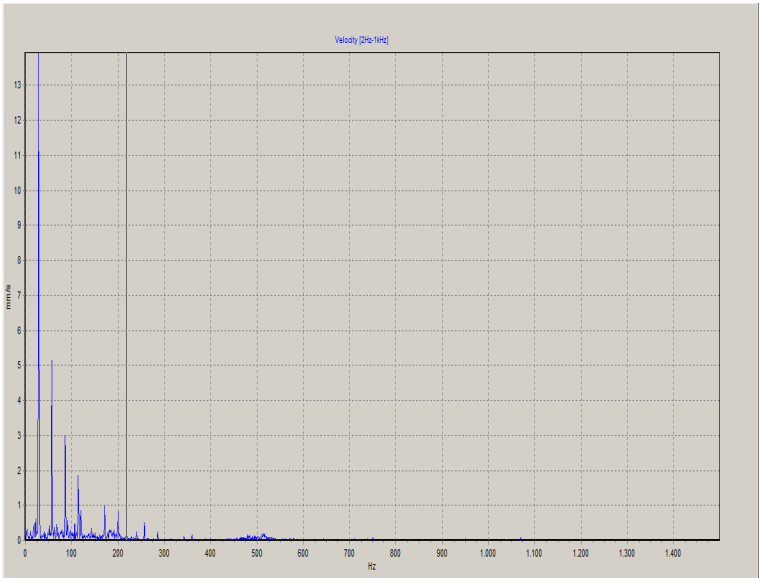
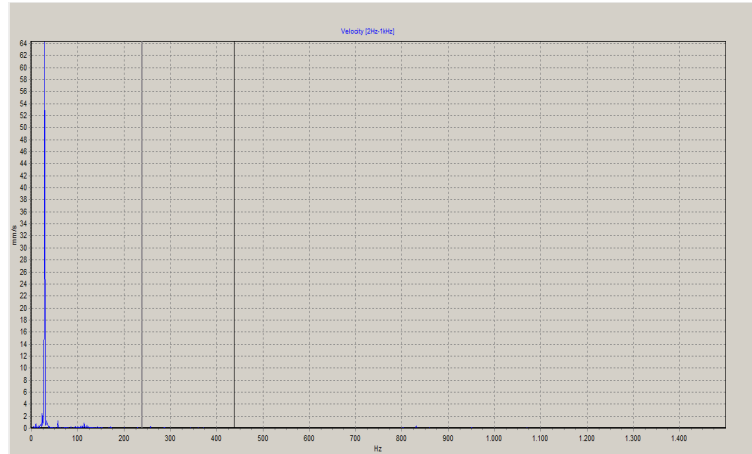


Figura 5.23: Espectro TPMO2T



**Figura 5.24:** Espectro TPMO2A

## ANÁLISIS

Como se puede observar en los espectros tenemos picos elevados en 1XT de 11,67 mm/s, un pico elevado en 1XR de 62,93 mm/s y la existencia de un pico en 1XA de 52,15 mm/s, los mismos que no son admisibles y nos indican un nivel de alarma crítico según la norma ISO 10816.

## DIAGNÓSTICO

Los picos elevados en 1X en la dirección radial y en 1X en la dirección axial, nos muestra un **problema de Desalineación Combinada** y el pico elevado en 1X en la dirección tangencial nos indica un **problema de Flexibilidad Transversal**.

## **5.7.2 Espectros del Preclarificador 1**

### **5.7.2.1 Espectros del Punto 1**

#### **ANÁLISIS**

Los valores son admisibles en las direcciones radial, tangencial y axial según la norma ISO 10816, en estos no sale los espectros debido a que el software fue configurado para que muestre solo los espectros con nivel inadmisibles o nivel de alarma crítica de acuerdo a la norma ISO 10816.

#### **DIAGNÓSTICO**

No tenemos ningún tipo de problema, debido a que los valores son admisibles.

### **5.7.2.2 Espectros del Punto 2**

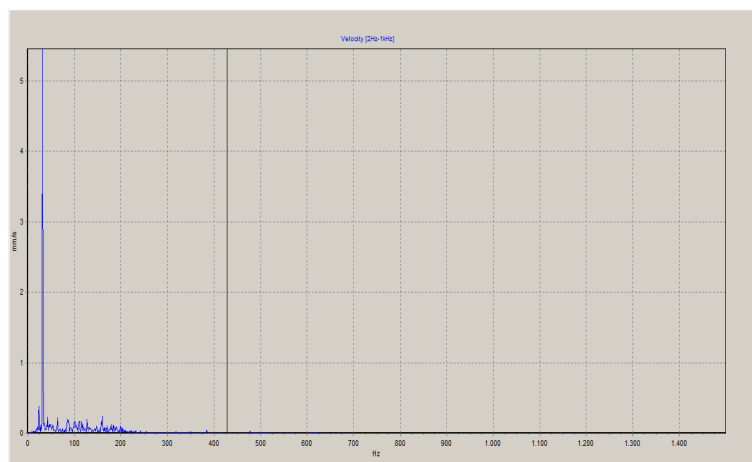
#### **ANÁLISIS**

Los valores son admisibles en las direcciones radial, tangencial y axial según la norma ISO 10816, en estos no sale los espectros debido a que el software fue configurado para que muestre solo los espectros con nivel inadmisibles o nivel de alarma crítica de acuerdo a la norma ISO 10816.

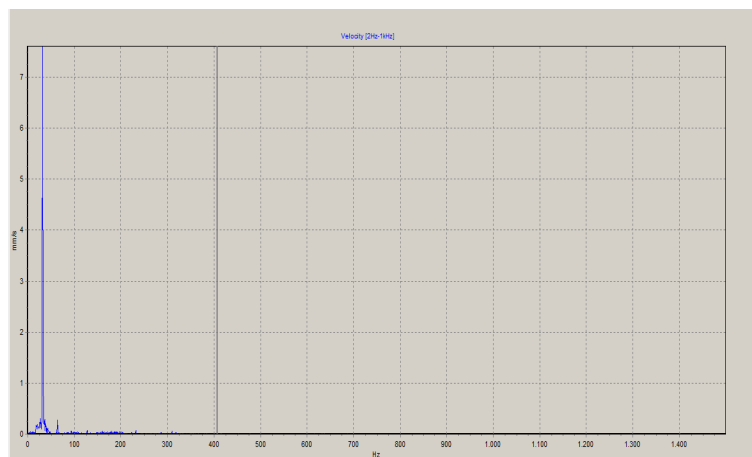
## DIAGNÓSTICO

No tenemos ningún tipo de problema, debido a que los valores son admisibles.

### 5.7.2.3 Espectros del Punto 3



**Figura 5.25:** Espectro PCM13R



**Figura 5.26:** Espectro PCM13A

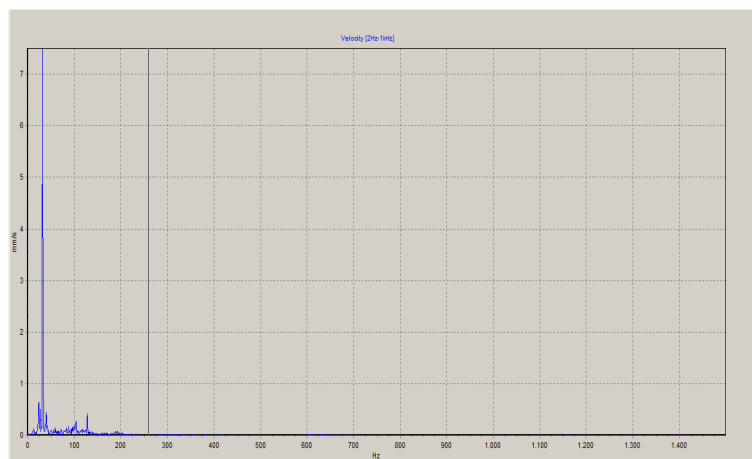
## ANÁLISIS

Como se puede observar en los espectros tenemos picos elevados en 1XR de 4.57 mm/s y un pico elevado en 1XA de 6,29 mm/s, los mismos que no son admisibles y nos indican un nivel de alarma crítico, en la dirección tangencial no se presenta el espectro debido que este presenta valores admisibles, todo esto según la norma ISO 10816

## DIAGNÓSTICO

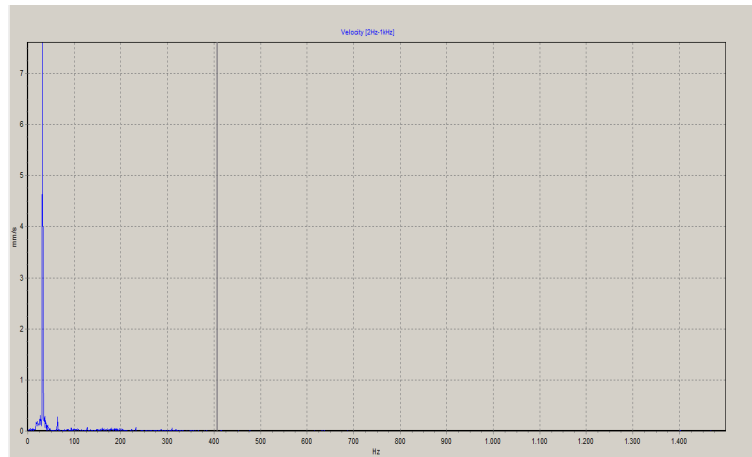
Los picos elevados en 1X en la dirección radial y en 1X en la dirección axial, nos muestra un **problema de Desalineación Combinada.**

### 5.7.2.4 Espectros del Punto 4



**Figura 5.27:** Espectro PCM14R





**Figura 5.28:** Espectro PCM14A

## ANÁLISIS

Como se puede observar en los espectros tenemos picos elevados en 1XR de 6.27 mm/s y un pico elevado en 1XA de 6,35 mm/s, los mismos que no son admisibles y nos indican un nivel de alarma crítico, en la dirección tangencial no se presenta el espectro debido que este presenta valores admisibles, todo esto según la norma ISO 10816

## DIAGNÓSTICO

Los picos elevados en 1X en la dirección radial y en 1X en la dirección axial, nos muestra un **problema de Desalineación Combinada.**

### **5.7.3 Espectros del Preclarificador 2**

#### **5.7.3.1 Espectros del Punto 1**

##### **ANÁLISIS**

Los valores son admisibles en las direcciones radial, tangencial y axial según la norma ISO 10816, en estos no sale los espectros debido a que el software fue configurado para que muestre solo los espectros con nivel inadmisibles o nivel de alarma crítica de acuerdo a la norma ISO 10816.

##### **DIAGNÓSTICO**

No tenemos ningún tipo de problema, debido a que los valores son admisibles.

#### **5.7.3.2 Espectro Del Punto 2**

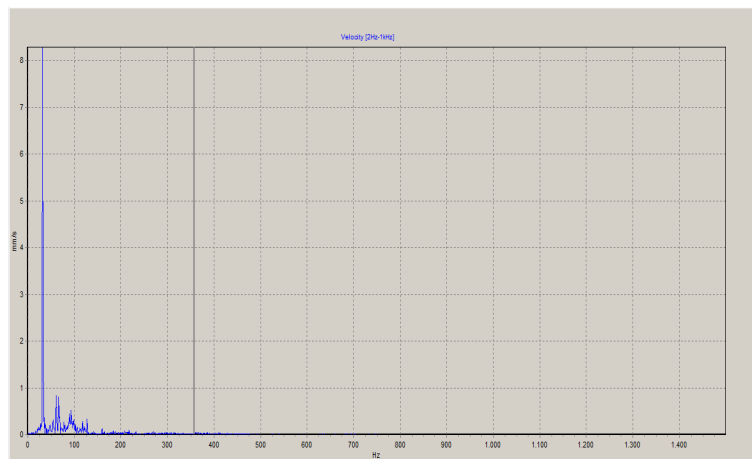
##### **ANÁLISIS**

Los valores son admisibles en las direcciones radial, tangencial y axial según la norma ISO 10816, en estos no sale los espectros debido a que el software fue configurado para que muestre solo los espectros con nivel inadmisibles o nivel de alarma crítica de acuerdo a la norma ISO 10816.

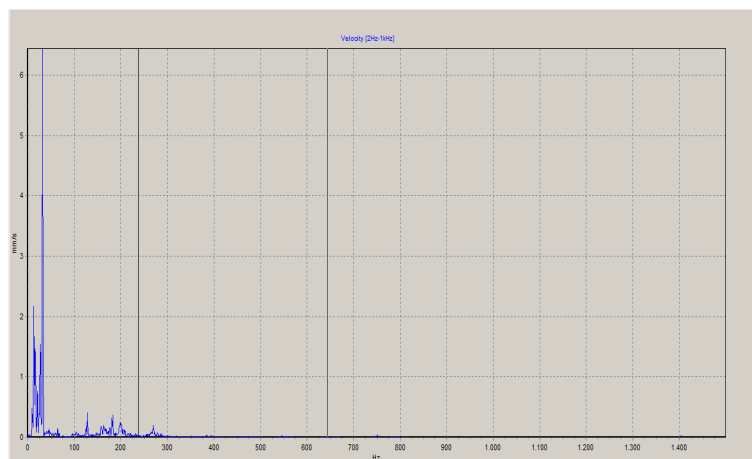
## DIAGNÓSTICO

No tenemos ningún tipo de problema, debido a que los valores son admisibles.

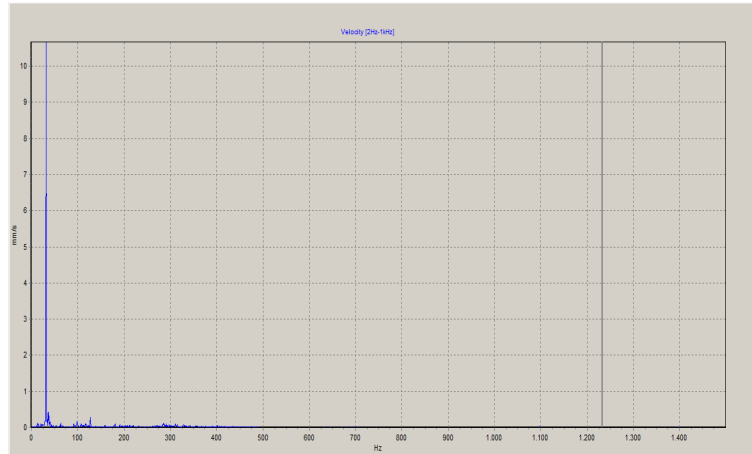
### 5.7.3.3 Espectro del Punto 3



**Figura 5.29:** Espectro PCM23R



**Figura 5.30:** Espectro PCM23T



**Figura 5.31:** Espectro PCM23A

## ANÁLISIS

Como se puede observar en los espectros tenemos picos elevados en 1XT de 6.15 mm/s, un pico elevado en 1XR de 7.17 mm/s y la existencia de un pico en 1XA de 9.20 mm/s, los mismos que no son admisibles y nos indican un nivel de alarma crítico según la norma ISO 10816.

## DIAGNÓSTICO

Los picos elevados en 1X en la dirección radial y en 1X en la dirección axial, nos muestra un **problema de Desalineación Combinada** y el pico elevado en 1X en la dirección tangencial nos indica un **problema de Flexibilidad Transversal**.

5.7.3.4 Espectros del Punto 4

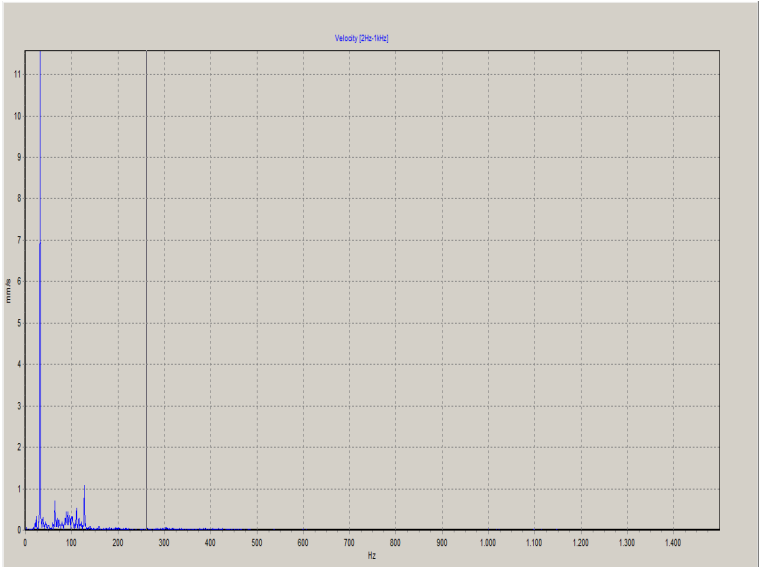


Figura 5.32: Espectro PCM24R

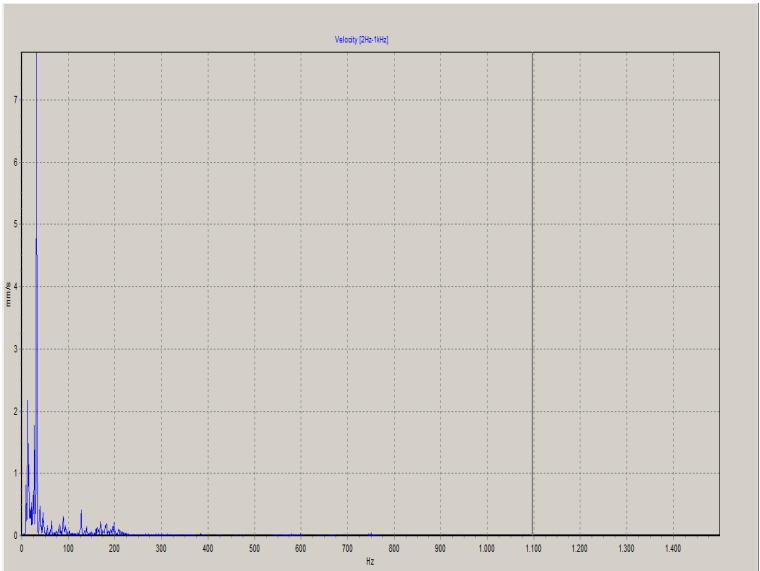
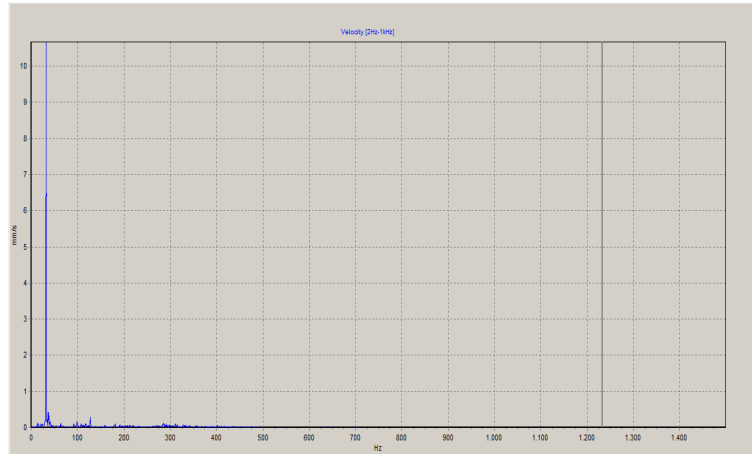


Figura 5.33: Espectro PCM24T



**Figura 5.34:** Espectro PCM24A

## ANÁLISIS

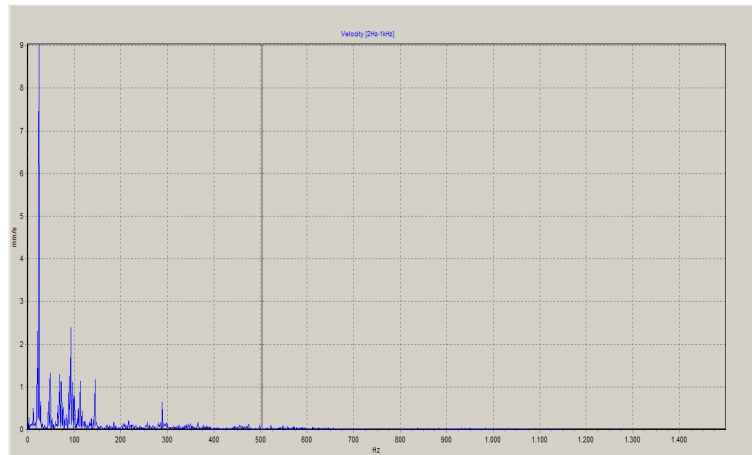
Como se puede observar en los espectros tenemos picos elevados en 1XT de 7.22 mm/s, un pico elevado en 1XR de 10.06 mm/s y la existencia de un pico en 1XA de 9.75 mm/s, los mismos que no son admisibles y nos indican un nivel de alarma crítico según la norma ISO 10816.

## DIAGNÓSTICO

Los picos elevados en 1X en la dirección radial y en 1X en la dirección axial, nos muestra un **problema de Desalineación Combinada** y el pico elevado en 1X en la dirección tangencial nos indica un **problema de Flexibilidad Transversal**.

## 5.7.4 Espectros de la Centrifuga

### 5.7.4.1 Espectros Del Punto 1



**Figura 5.35:** Espectro CTBW1A

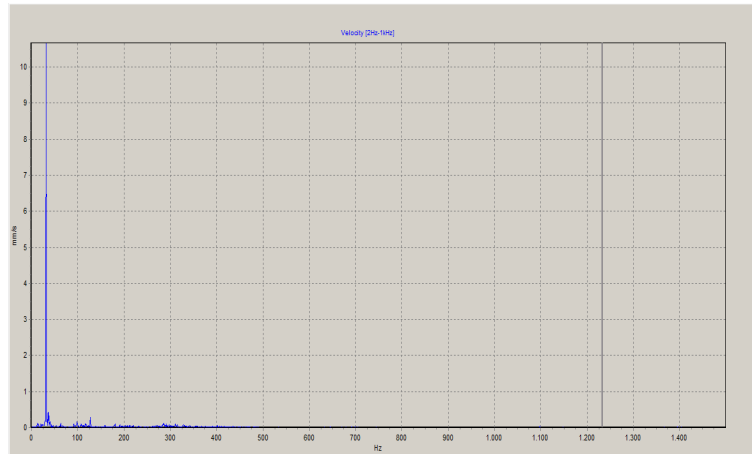
## ANÁLISIS

Como se puede observar en el espectro tenemos un pico elevado en 1XA de 10.28 mm/s, el mismo que no es admisible y nos indica un nivel de alarma crítico, en la dirección radial y tangencial no se presenta el espectro debido que este presenta valores admisibles, todo esto según la norma ISO 10816.

## DIAGNÓSTICO

El pico elevado en 1X en la dirección axial nos muestra un **problema de Desalineación Angular**

#### 5.7.4.2 Espectros del Punto 2



**Figura 5.36:** Espectro CTBW2A

### ANÁLISIS

Como se puede observar en el espectro tenemos un pico elevado en 1XA de 9.82 mm/s, el mismo que no es admisible y nos indica un nivel de alarma crítico, en la dirección radial y tangencial no se presenta el espectro debido que este presenta valores admisibles, todo esto según la norma ISO 10816.

### DIAGNÓSTICO

El pico elevado en 1X en la dirección axial nos muestra un **problema de Desalineación Angular**



#### **5.7.4.3 Espectros del Punto 3**

##### **ANÁLISIS**

Los valores son admisibles en las direcciones radial, tangencial y axial según la norma ISO 10816, en estos no sale los espectros debido a que el software fue configurado para que muestre solo los espectros con nivel inadmisible o nivel de alarma critico de acuerdo a la norma ISO 10816.

##### **DIAGNÓSTICO**

No tenemos ningún tipo de problema, debido a que los valores son admisibles.

#### **5.7.4.4 Espectros del Punto 4**

##### **ANÁLISIS**

Los valores son admisibles en las direcciones radial, tangencial y axial según la norma ISO 10816, en estos no sale los espectros debido a que el software fue configurado para que muestre solo los espectros con nivel inadmisible o nivel de alarma critico de acuerdo a la norma ISO 10816.

##### **DIAGNÓSTICO**

No tenemos ningún tipo de problema, debido a que los valores son admisibles.

### **5.7.5 Espectros del Pozo de Lodos**

#### **5.7.5.1 Espectros del Punto 1**

##### **ANÁLISIS**

Los valores son admisibles en las direcciones radial, tangencial y axial según la norma ISO 10816, en estos no sale los espectros debido a que el software fue configurado para que muestre solo los espectros con nivel inadmisibles o nivel de alarma crítico de acuerdo a la norma ISO 10816.

##### **DIAGNÓSTICO**

No tenemos ningún tipo de problema, debido a que los valores son admisibles.

#### **5.7.5.2 Espectros del Punto 2**

##### **ANÁLISIS**

Los valores son admisibles en las direcciones radial, tangencial y axial según la norma ISO 10816, en estos no sale los espectros debido a que el software fue configurado para que muestre solo los espectros con nivel inadmisibles o nivel de alarma crítico de acuerdo a la norma ISO 10816.

##### **DIAGNÓSTICO**

No tenemos ningún tipo de problema, debido a que los valores son admisibles.

#### **5.7.5.3 Espectros del Punto 3**

##### **ANÁLISIS**

Los valores son admisibles en las direcciones radial, tangencial y axial según la norma ISO 10816, en estos no sale los espectros debido a que el software fue configurado para que muestre solo los espectros con nivel inadmisible o nivel de alarma critico de acuerdo a la norma ISO 10816.

##### **DIAGNÓSTICO**

No tenemos ningún tipo de problema, debido a que los valores son admisibles.

#### **5.7.5.4 Espectros del Punto 4**

##### **ANÁLISIS**

Los valores son admisibles en las direcciones radial, tangencial y axial según la norma ISO 10816, en estos no sale los espectros debido a que el software fue configurado para que muestre solo los espectros con nivel inadmisible o nivel de alarma critico de acuerdo a la norma ISO 10816.

## **DIAGNÓSTICO**

No tenemos ningún tipo de problema, debido a que los valores son admisibles.

### **5.7.6 Espectros del Tanque de Aceite Terminado**

#### **5.7.6.1 Espectros del Punto 1**

## **ANÁLISIS**

Los valores son admisibles en las direcciones radial, tangencial y axial según la norma ISO 10816, en estos no sale los espectros debido a que el software fue configurado para que muestre solo los espectros con nivel inadmisible o nivel de alarma critico de acuerdo a la norma ISO 10816.

## **DIAGNÓSTICO**

No tenemos ningún tipo de problema, debido a que los valores son admisibles.

### **5.7.6.2 Espectros del Punto 2**

## **ANÁLISIS**

Los valores son admisibles en las direcciones radial, tangencial y axial según la norma ISO 10816, en estos no sale los espectros debido a que el software fue configurado para que muestre solo los espectros con nivel inadmisible o nivel de alarma critico de acuerdo a la norma ISO 10816.

## **DIAGNÓSTICO**

No tenemos ningún tipo de problema, debido a que los valores son admisibles.

### **5.7.6.3 Espectros del Punto 3**

## **ANÁLISIS**

Los valores son admisibles en las direcciones radial, tangencial y axial según la norma ISO 10816, en estos no sale los espectros debido a que el software fue configurado para que muestre solo los espectros con nivel inadmisibles o nivel de alarma crítica de acuerdo a la norma ISO 10816.

## **DIAGNÓSTICO**

No tenemos ningún tipo de problema, debido a que los valores son admisibles.

### **5.7.6.4 Espectros del Punto 4**

## **ANÁLISIS**

Los valores son admisibles en las direcciones radial, tangencial y axial según la norma ISO 10816, en estos no sale los espectros debido a que el software fue configurado para que muestre solo los espectros con nivel inadmisibles o nivel de alarma crítica de acuerdo a la norma ISO 10816.

## DIAGNÓSTICO

No tenemos ningún tipo de problema, debido a que los valores son admisibles.

### 5.8 Recomendación de Correcciones

#### 5.8.1 Recomendación del Tamiz de Prensa

Para la **flexibilidad transversal** se recomienda revisar si existe:

- Pernos flojos.
- Anclaje incorrecto.
- Cuarteaduras en la estructura de montaje.

Para la **desalineación combinada** se recomienda realizar lo siguiente:

- Revisar si existe juego en los componentes.
- Revisar si el eje se encuentra pandeado
- Revisar la posición relativa de los componentes ya que esta se altera después del montaje.
- Alineación del equipo.

#### 5.8.2 Recomendación del Preclarificador 1

Para la **desalineación combinada** se recomienda realizar lo siguiente:

- Revisar si existe juego en los componentes.

- Revisar si el eje se encuentra pandeado
- Revisar la posición relativa de los componentes ya que esta se altera después del montaje.
- Alineación del equipo.

### 5.8.3 **Recomendación del Preclarificador 2**

Para la **flexibilidad transversal** se recomienda revisar si existe:

- Pernos flojos.
- Anclaje incorrecto.
- Cuarteaduras en la estructura de montaje.

Para la **desalineación combinada** se recomienda realizar lo siguiente:

- Revisar si existe juego en los componentes.
- Revisar si el eje se encuentra pandeado
- Revisar la posición relativa de los componentes ya que esta se altera después del montaje.
- Alineación del equipo.

### 5.8.4 **Recomendación de la Centrífuga**

Para la **desalineación angular** se recomienda realizar lo siguiente:

- Revisar si existe juego en los componentes.
- Revisar si el eje se encuentra pandeado
- Revisar la posición relativa de los componentes ya que esta se altera después del montaje.
- Alineación del equipo.

#### **5.8.5 Recomendación del Pozo de Lodos**

Se recomienda realizar el monitoreo adecuado en el equipo, para mantener los resultados actuales.

#### **5.8.6 Recomendación del Tanque de Aceite Terminado**

Se recomienda realizar el monitoreo adecuado en el equipo, para mantener los resultados actuales.



## **CAPÍTULO VI**

### **6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **6.1 Conclusiones**

- Al analizar el estado técnico de los equipos se pudo determinar que debido al control de mantenimiento que la empresa esta realizando, las máquinas del Área de Clarificación se encuentran en estado regular y bueno.
- Al efectuar la categorización de las máquinas, se determinó de acuerdo a los aspectos selectivos y parámetros directivos, que las máquina críticas en el Área de Clarificación en la extractora Placien son el Tamiz de Prensa, el Preclarificador que lo dividimos en dos partes para realizar las mediciones, la Centrifuga, el Pozo de Lodos y el Tanque de Aceite Terminado, las mismas que de acuerdo a la política de mantenimiento es necesario realizar el Mantenimiento Predictivo para lograr la máxima disponibilidad en estos.
- Se efectuó el análisis Vibracional en las máquinas críticas del área de Clarificación, lo que nos permitió conocer el estado real en que se encuentran los equipos, en algunos puntos de medición no se observó los espectros debido a que en el momento en que creamos las rutas de medición para el colector, configure el software para que solo muestre los espectros que se encuentran en nivel inadmisible o nivel de alarma crítico según la Norma ISO 10816, en los puntos de medición donde se observó los espectros, se

determinó que en varias máquinas existen diferentes problemas como desalineación angular, desalineación combinada y flexibilidad transversal.

## **6.2 Recomendaciones**

- Seguir con el control de mantenimiento adecuado en los equipos de Placien para que los mismos cumplan con el rendimiento requerido en la producción y con los documentos de trabajo ya que los mismos son utilizados para evaluar la gestión del mantenimiento.
- Realizar la categorización de todas las máquinas y equipos de Placien, para establecer que equipos son críticos, y así implementar un plan de mantenimiento predictivo, el cual conste de técnicas adecuadas para la empresa como Análisis de Vibraciones, Alineación Laser y Balanceo, ya que estas nos permitirán predecir las fallas y alargar la vida útil de las máquinas, con lo que se conseguirá menor pérdida en la producción y menores gastos en reparaciones innecesarias.
- Corregir todos los problemas encontrados en los equipos, en especial la desalineación que son la falla frecuente en esta área de Clarificación, para lo cual podemos utilizar un equipo de Alineación adecuado, ya que estos problemas están causando que los equipos no trabajen en su normal funcionamiento, además como consecuencia no se obtiene el rendimiento requerido en la producción.

- Como recomendación final es que se den seminarios a todos los técnicos de la extractora Placien acerca del mantenimiento Predictivo, para que se den cuenta de la importancia de implementar las diferentes técnicas predictivas y fundamentalmente el Análisis de Vibración ya que este nos ayuda a dar un diagnóstico confiable, al momento de analizar un fallo en las máquinas.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- [1] MOROCHO, M.** Texto de Administración de Mantenimiento. Pág. 8.
- [2] CUATRECASAS, L.** Total Productive Maintenance. Pág. 194.
- [3] BRUEL & KJAER.** La Medida de las Vibraciones. Pág. 94.
- [4] GLENN, W.** Vibraciones Mecánicas. Pág. 120.
- [5] A-MAQ S.A.** Tutorial de Vibraciones para Mantenimiento Mecánico. Pág.

## **BIBLIOGRAFÍA**

**A–MAQ S.A.** Tutorial de Vibraciones para Mantenimiento Mecánico. 3ra.ed.

México: A – Maq S.A., 2005.

**BRUEL & KJAER.** La Medida de las Vibraciones. 2da.ed. Dinamarca: Adenti,

2003.

**CALLONI, J.** Curso Industrial de Mantenimiento Preventivo. Argentina: Alsina,

1968.

**GLENN, W.** Vibraciones Mecánicas. Alemania: DLI EngineeringCorp, 2003.

**MOROCHO, M.** Diagnóstico Vibroacústico. Riobamba -Ecuador: Docucentro,

2003. (doc.)

**REYNA, A.** Análisis Vibracional I y II. Guayaquil - Ecuador: Ademinsa, 2006.

**ROY, J.** Principios de Refrigeración. 2da.ed. Alemania: Cecsa, 1993.

**RODA, V.** El Mantenimiento Predictivo como mejora en la Productividad. Cuba:

Simeí, 2002.

**SCHENCK, C.** Diagnóstico de Máquinas. 3ra. ed. Dinamarca: Schenck, 2004.

## **LINKOGRAFÍA**

Administración del Mantenimiento.

[www.mantenimiento.com](http://www.mantenimiento.com)

2010 – 09 – 24

Teoría de Vibraciones.

[www.solomantenimiento.com](http://www.solomantenimiento.com)

2010 – 10 – 18

Fundamentos de Vibraciones.

[www.point-sorce.com](http://www.point-sorce.com)

2010 – 10 – 22

Índices de Gestión de Mantenimiento.

[www.mantenimientomundial.com](http://www.mantenimientomundial.com)

2010 – 10 – 30

Mantenimiento.

[www.poultryhouse.com](http://www.poultryhouse.com)

2010 – 11 – 04

Evaluación de Maquinaria.

[www.guemisa.com](http://www.guemisa.com)

2010 – 11 – 10